

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу механізації захисту картоплі від шкідників з
розробкою пристосування для збирання колорадських жуків

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Гащак С.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Олексюк В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гащаку Станіславу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу механізації захисту картоплі від шкідників
з розробкою пристосування для збирання колорадських жуків

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Базова конструкція пристрою для збирання жуків, ширина захвату – 4,2 м,
продуктивність агрегату – 3,36 га/год, робоча швидкість – 6–8 км/год.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Обґрунтування механізації захисту картоплі від
шкідників. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схема комбінованого агрегату. – 1А4. 2. Пневматичне пристосування. Загальний вигляд –
1А4. 3. Навісний пристрій. Складальне креслення – 1А4. 4. Рама пневматичного пристосуван-
ня. Складальне креслення – 1А4. 5. Дослідження НДС швелерної балки. – 1А4.
6. Деталювання – 1А4. 7. Аналіз системи захисту картоплі від хвороб і колорадського
жука – 1А4. 8. Огляд пристосувань і методів захисту від колорадського жука. – 1 А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2025 р.	
2	Обґрунтування механізації захисту картоплі від шкідників	09.02.2025 р.	
3	Проектна частина	15.05.2025 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	05.06.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки	15.06.2025 р.	

Студент

(підпис)

Гащак С.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Гащак Станіслав Сергійович.

Тема роботи – «Удосконалення процесу механізації захисту картоплі від шкідників з розробкою пристосування для збирання колорадських жуків».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Захист сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів є важливою ланкою у системі виробництва рослинницької продукції, істотним резервом поліпшення якості врожаю та підвищення продуктивності рослин.

Інтегрована система захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів передбачає застосування комплексу сучасних методів, спрямованих на зниження рівня шкідливих організмів в агроценозі шляхом розробки екологічно безпечних та економічно доцільних заходів.

Одним з чинників підвищення врожайності картоплі в процесі її вегетації є боротьба з шкідниками. Головним з шкідників картоплі є колорадський жук і його личинки, які завдають непоправного збитку листовій поверхні і стеблам рослин.

Існуючі хімічні методи боротьби з шкідниками ефективні тільки у тому випадку, коли дотримується концентрація розчину і час обприскування рослини.

Тому поряд із використанням існуючих пристроїв для механічного збору шкідників потрібно удосконалювати процес механізації захисту картоплі від колорадських жуків та їх личинок, розглядати пневматичні пристрої, що дозволяють за рахунок критичної швидкості повітряного потоку збирати шкідників.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є удосконалення процесу механізації захисту картоплі від шкідників шляхом мінімізації використання існуючих хімічних методів боротьби з шкідниками.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Процес механізації захисту картоплі.

Предмет дослідження. Приспосіблення для збирання колорадських жуків.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

Отримані результати:

- проаналізовано інтегровану систему захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів, яка передбачає застосування комплексу сучасних методів, спрямованих на зниження рівня шкідливих організмів в агроценозі шляхом розробки екологічно безпечних та економічно доцільних заходів;
- розглянуто особливості методів знищення шкідників картоплі;
- проведено огляд пристосувань для збору колорадських жуків і методів захисту картоплі від шкідників та хвороб;
- здійснено обґрунтування механізації захисту картоплі від шкідників;
- обґрунтовано конструкцію пристосування для збирання колорадських жуків;
- вибрано експлуатаційно-технологічні параметри пристосування;
- розроблено конструкцію рами пристосування та проведено розрахунки навісного пристрою;
- здійснено розрахунки валу вентилятора пневматичного пристосування на міцність;
- розроблено конструкції складальних одиниць та деталей пристосування;
- розглянуто заходи безпеки при роботі із пристосуванням для збирання жуків.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано конструкцію та обґрунтовано параметри пристосування для механічного збирання колорадського жука та його личинок, що дозволить виключити застосування існуючих хімічних методів боротьби з шкідниками.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 64, додатки – 2 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 9 арк. формату А4.

Ключові слова: процес механізації, пневматичне пристосування, колорадський жук, захист від шкідників, картопля.

Роз'яснення величин, що входять у розрахункові залежності

Розділ 2:

$V_{кр}$ - критична швидкість жука, м/с;

h_0 - динамічний тиск, Н/м²;

V'_{cp} - середня швидкість повітря в зоні посадки, м/с;

G_m - маса продукту, кг/хв.;

μ_{cm} - коефіцієнт масової концентрації;

$\gamma_в$ - густина повітря, кг/м³;

H_T - теоретичний напір Н/м²;

η - КПД вентилятора;

$N_э$ - ефективна потужність вентилятора, кВт;

η_n - ККД підшипників;

η_m - ККД муфти;

η_{KA} - ККД клинопасового вентилятора;

n - частота обертання валу вентилятора, хв⁻¹;

D_1 - внутрішній діаметр робочого колеса, мм;

α_1, α_2 - кути між дотичною до лопатки колеса і радіусу його біля виходу і входу лопатки;

γ_1, γ_2 - кути між перпендикуляром до радіусу і напрямом швидкості повітря на внутрішньому і зовнішньому кінці лопатки;

ω - кутова швидкість робочого колеса вентилятора, с⁻¹;

B_B - ширина робочого колеса вентилятора, м;

Δ - коефіцієнт використання вхідного отвору;

M_0 - коефіцієнт підтискання потоку;

Φ - коефіцієнт закручування потоку;

R - радіус кривизни лопаток, мм;

R_0 - радіус кола центрів лопатей, мм.

Розділ 3:

L_p - довжина рами, м;

M_D - маса одного метра рами, кг;

σ^I - напруження зварювального шва на згин, МПа;

$[\sigma_p]$ - допустиме напруження розтягу, для металоконструкцій, МПа;

M_{32} - згинний момент, Нмм;

W - момент опору перетину, мм³;

f_{koch} - опір коченню пневматичних коліс;

l - плече дії сили, мм;

W^{III} - момент опору зварного з'єднання косинки, мм³;

$[\sigma]$ - допустиме значення напруження, МПа;

W_x - осьовий момент опору швелера, мм³;

N - передавана потужність, кВт;

n - частота обертання валу, хв.⁻¹;

$M_{32.G}$ і $M_{32.B}$ максимальні згинаючі моменти в небезпечному перетині в горизонтальній і вертикальній площині, Н·мм;

$M_{кр}$ - максимальний крутний момент в небезпечному перетині, Н·мм;

R_{cp} - радіус центрів лопатей, мм;

C - динамічна вантажопідйомність, кН;

P - еквівалентне навантаження, динамічне, Н;

f_c - коефіцієнт для динамічного навантаження;

α - номінальний кут контакту, град;

i - число рядів тіл кочення;

Z - число тіл кочення;

D_T - діаметр тіла кочення, мм;

V - коефіцієнт обертання;

F_σ - осьове навантаження, Н;

F_T - радіальне навантаження, Н;

L_h - довговічність підшипника, год.

ЗМІСТ

Вступ	11
1. Оглядова частина	12
1.1 Аналіз системи захисту картоплі від хвороб та шкідників	12
1.2 Огляд пристосіблень для збору колорадських жуків і методів захисту картоплі від шкідників та хвороб	16
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	22
2. Обґрунтування механізації захисту картоплі від шкідників	24
2.1 Обґрунтування конструкції пристосіблення для збирання колорадських жуків	24
2.2 Вибір експлуатаційно-технологічних параметрів пристосіблення	28
2.2.1 Обґрунтування параметрів відцентрового вентилятора	28
2.2.2 Обґрунтування кінематичної схеми вентилятора	34
3. Проектна частина	39
3.1 Розробка конструкції рами пристосіблення	39
3.2 Розрахунок навісного пристрою	42
3.3 Аналіз напружено-деформованого стану швелера навісного пристрою	44
3.4 Розрахунок валу вентилятора на міцність	50
3.5 Розрахунок підшипника кочення вала приводу вентилятора	52
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	55
4.1 Функції органів державного управління охороною праці в Україні	55
4.2 Заходи безпеки при роботі із пристосібленням для збирання жуків	56
Загальні висновки	60
Перелік посилань	61
Додатки	64

ВСТУП

Захист рослин в агропромисловості від бур'янів, хвороб та шкідників є ключовим елементом в процесі вирощування рослинної продукції, важливим чинником для покращення якості врожаю та збільшення продуктивності.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва залежить не тільки від вибору сортів, але й від застосування передових технологій та систем захисту, які використовують безпечні та високоефективні хімічні та біологічні засоби з коротким часом очікування від обробки до збору врожаю.

Сучасний напрямок захисту рослин відомий як інтегрований, що включає в себе агротехнічні методи, оцінку стійкості вирощуваних сортів до шкідників і хвороб, контроль за чисельністю корисних комах (ентомофагів), а також використання хімічних та біологічних препаратів.

Основними стратегічними принципами інтегрованого захисту рослин є досягнення максимально високих і якісних урожаїв при мінімізації витрат енергії на виробництво кожної одиниці продукції.

Основна мета заходів захисту полягає в забезпеченні стабільно високих врожаїв аграрних культур шляхом контролю за розвитком шкідників до економічно прийнятних рівнів.

Інтегрована система захисту рослин включає використання різноманітних сучасних методів, які знижують присутність шкідливих організмів у сільськогосподарській системі, що сприяє розробці екологічно безпечних та економічно ефективних підходів.

Одним із перспективних напрямків у екологічному землеробстві є мінімізація застосування хімічних препаратів у боротьбі зі шкідниками, натомість використання механічних пристроїв для їх збору.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз системи захисту картоплі від хвороб та шкідників

Оцінювання значущості картоплі, яка часто носить назву "другого хліба", не представляє складнощів, адже вона є важливою харчовою, кормовою та технічною культурою. Картопля широко застосовується у багатьох промислових секторах для виробництва крохмалю, спирту, ацетону та молочної кислоти. Картопля є основним джерелом калію, що важливо для регулювання водного балансу та здоров'я серця, а також містить високу кількість вітаміну С та білка, який є цінним через наявність усіх незамінних амінокислот [12].

В Україні актуальним є розвиток новітніх методів захисту картоплі від шкідників і розробка правил безпечного використання засобів захисту для людей та навколишнього середовища. Використання стійких сортів картоплі в інтегрованих системах захисту дозволяє зменшити використання пестицидів та втрати врожаю.

Картопля страждає від атак численних шкідників та хвороб. Несвоєчасне вжиття заходів захисту, ігнорування сівоzmіни та неоновлення сортів спричинює зростання захворювань грибкового та бактеріального походження, що веде до значного скорочення урожаю і погіршення його якості [11]. Відтак, захист картоплі відіграє ключову роль у технології її вирощування. Через обмежене використання стійких сортів та недостатнє застосування біологічних методів, перевагу надають хімічним методам захисту за допомогою сучасних пестицидів [23].

Шкідники та хвороби є основними факторами, які ведуть до значних втрат урожаю картоплі та зниження якості та зберігаючих властивостей бульб. Більше 60 різних видів шкідників атакують картоплю, при цьому найбільшу шкоду завдають такі багатоїдні види, як личинки підгризаючих совок, дротяники, і несправжні дротяники.

Колорадський жук вважається одним із найбільш небезпечних спеціалізованих шкідників. Він становить загрозу не тільки для картоплі, але й для томатів, баклажанів та інших пасльонових культур. Відомо, що колорадські жуки та їх личинки, з'їдаючи до 50% листя картоплі до її цвітіння, можуть знизити урожайність бульб у 2-3 рази, а при повному знищенні листя – у 6-8 разів. Цей шкідник широко поширений майже по всій території Європи, включаючи Україну, тому захист картопляних насаджень від нього є надзвичайно важливим завданням у країні. Дослідники вивчали вплив інсектоцидів на різні феноформи колорадських жуків [10, 13].

Колорадський жук (рис. 1.1) має довжину від 8 до 12 мм, жовтий або червоно-жовтий колір, іноді жовто-бурого забарвлення зі світлими надкрилами, має темні плями на голові та передспинці. Його коротке, овальне і випукле тіло прикрашають 10 чорних смуг на надкрилках. Яйця, розміром 0,8–1,4 мм, червоно-жовтого кольору, блискучі та видовжено-овальні. Личинки, довжиною до 10 мм, молодші сірі, старші червоно-жовті, з м'ясистим, липким тілом, опуклим зверху і плоским знизу. Лялечки мають довжину 10–12 мм, колір від оранжево-жовтого до червонуватого [12]. Проблема боротьби з колорадським жуком потребує ретельного вивчення та аналізу.



Рисунок 1.1 – Феноформи колорадського жука

На сьогоднішній день було розроблено комплекс заходів для боротьби з хворобами та шкідниками у картопляних полях, що дозволяє ефективно використовувати хімічні засоби захисту вирощуваних культур. З року в рік

асортимент доступних пестицидів продовжує оновлюватися і розширюватися. Однак, варто зазначити, що тривале використання цих препаратів може спричинити розвиток резистентності серед збудників хвороб та шкідників [22].

За спостереженнями, перші дорослі особини зимуючих жуків з'являються на картопляних полях у кінці травня до початку червня. Максимальне відкладення яєць та вилуплення личинок було зафіксовано в другій-третьій декадах у червні.

Наприклад, на початку фази бутонізації картопляних насаджень в середньому число личинок колорадського жука на одному кущі становила: для сорту Левада 4,2 особини, максимум до 7,9; для сорту Скарбниця 5,2 особини, максимум до 9,4; а для сорту Серпанок відповідно 2,7 та 5,0 особини. Це вказує на масове відродження личинок першого та другого поколінь, частково третього. Під час використання протруйників «Круїзер, Максим, Шедевр і Ровраль Аквафло» в різних комбінаціях та дозах, популяція шкідників була повністю ліквідована, і ця тенденція зберігалася протягом усього вегетаційного періоду. Ефективність застосування цих протруйників досягала 97,0–99,8% протягом перших 35 днів у дослідних сортах (табл. 1.1).

Візуальні перевірки пошкоджень картоплі (після переходу личинок у фазу залялькування) показали, що у контрольній групі всіх сортів зафіксовано високий рівень ушкоджень – від 48,3% до 73,3%.

Дослідження підтвердили ефективність використання комбінацій фунгіцидів з біологічно активними добавками, що дозволяє зменшити дозування фунгіцидів на 20%. Така суміш у комбінації з мікродобривами значно знижує розвиток хвороб (40–46,2%), підвищує урожайність картоплі і зменшує вплив пестицидів на довкілля.

Таблиця 1.1 – Ефективність впливу елементів захисту картоплі від колорадських жуків

№ варіанту	Сорти	Ефективність дії на день, %						Ступінь об'їдання листової поверхні на 35-й день, %
		3-й	7-й	10-й	14-й	21-й	35-й	
1.	Левада	-	-	-	-	-	-	73,3
	Скарбниця	-	-	-	-	-	-	63,3
	Серпанок	-	-	-	-	-	-	48,3
2.	Левада	99,0	99,0	99,1	98,0	98,4	98,6	1,0
	Скарбниця	98,0	98,1	98,0	98,5	98,7	99,0	0,3
	Серпанок	99,0	99,2	99,0	98,8	99,0	99,3	0,0
3.	Левада	99,5	99,8	98,6	98,1	97,0	97,3	2,3
	Скарбниця	98,8	98,6	98,2	98,0	98,0	97,0	2,7
	Серпанок	99,4	99,2	99,0	99,0	98,8	98,6	0,3
4.	Левада	99,5	99,5	99,0	99,0	99,0	99,2	0,0
	Скарбниця	98,9	98,8	98,8	98,7	98,4	98,2	0,0
	Серпанок	99,6	99,6	99,3	99,4	99,0	99,1	0,0
5.	Левада	99,7	99,6	99,3	99,3	99,0	99,0	0,0
	Скарбниця	98,8	98,6	98,4	98,1	98,0	97,5	2,3
	Серпанок	99,4	99,2	99,0	99,0	99,0	99,3	0,0
6.	Левада	99,8	99,6	99,4	99,3	99,2	98,0	0,0
	Скарбниця	98,9	98,7	98,6	98,5	98,3	98,0	1,0
	Серпанок	99,0	99,2	99,0	98,8	99,0	99,3	0,0

Згідно з даними таблиці 1.1, передпосадковий обробіток картопляних бульб за допомогою протруйників «Круїзер, Шедевр, Максим, Ровраль Аквафло» протягом всього вегетаційного періоду забезпечує надійний захист (97,0–99,8%) випробуваних сортів від колорадського жука та основних хвороб, а також знижує зараженість бульб хворобами, такими як суха гниль, у 1,2–5,0 рази порівняно з контрольною групою.

Використання сумішей протруювачів та фунгіцидів з біологічно активними компонентами сприяє підвищенню урожайності картоплі на 2,2–8,8 т/га і зниженню впливу пестицидів на навколишнє середовище.

Також було досліджено ступінь пошкоджень, завданих основними феноформами колорадських жуків, і їхню чутливість до сучасних інсектоцидів, таких як «Каліпсо 480 SC, Конфідор Макс і Актара 25WG».

Таблиця 1.2 – Моніторинг популяції колорадських жуків у посадках картоплі до та після застосування інсектицидів.

Варіант досліджу	Кількість рослин в пробі	Виявлено, особин			Кількість яєць у яйцекладці			Ступінь пошкодження рослин, шт.		
		жуків	личинок	яйцекладок	макс.	мін.	сер.	слабо	середньо	сильно
До застосування хімічних препаратів	10	35	171	24	27	18	22	10	-	-
На 3 день після застосування препаратів										
Актара 25WG, в.г.	10	2	12	2	27	18	22	9	1	-
Конфідор Максi, в.г.	10	2	16	3	27	18	22	8	2	-
Каліпсо 480 SC, к.с.	10	1	9	1	27	18	22	10	-	-
Престиж 290 FS, т.к.с.	10	2	13	2	27	18	22	9	1	-
Контроль	10	37	175	23	27	18	22	8	2	-
На 7 день після застосування препаратів										
Актара 25WG, в.г.	10	6	33	3	27	18	22	9	1	-
Конфідор Максi, в.г.	10	8	35	5	27	18	22	7	2	-
Каліпсо 480 SC, к.с.	10	3	30	1	27	18	22	9	1	-
Престиж 290 FS, т.к.с.	10	4	28	3	27	18	22	9	1	-
Контроль	10	43	188	17	27	18	22	6	3	1
На 14 день після застосування препаратів										
Актара 25WG, в.г.	10	9	48	4	27	18	22	8	2	-
Конфідор Максi, в.г.	10	12	53	8	27	18	22	6	3	1
Каліпсо 480 SC, к.с.	10	6	45	3	27	18	22	8	2	-
Престиж 290 FS, т.к.с.	10	10	55	4	27	18	22	6	4	-
Контроль	10	41	201	20	27	18	22	1	4	5

1.2. Огляд пристосіблень для збору колорадських жуків і методів захисту картоплі від шкідників та хвороб

Пристрій для збирання колорадських жуків (ПЗК) є спеціалізованим засобом для вилучення жуків та їхніх личинок з картопляних кущів на домашніх городах (див. рис.1.2).

Конструкція та механізм дії ПЗК: він складається з двох каркасів – лівого і правого, які з'єднані за допомогою двох затискачів 7, дозволяючи регулювати положення каркасів відносно осі, розташованої в затискачах. Бічні стінки та нижня частина каркасів покриті поліетиленовою плівкою 3 та 4. Амортизатор 5, прикріплений до кронштейнів каркасів 6, дозволяє зводити каркаси навколо куща картоплі.

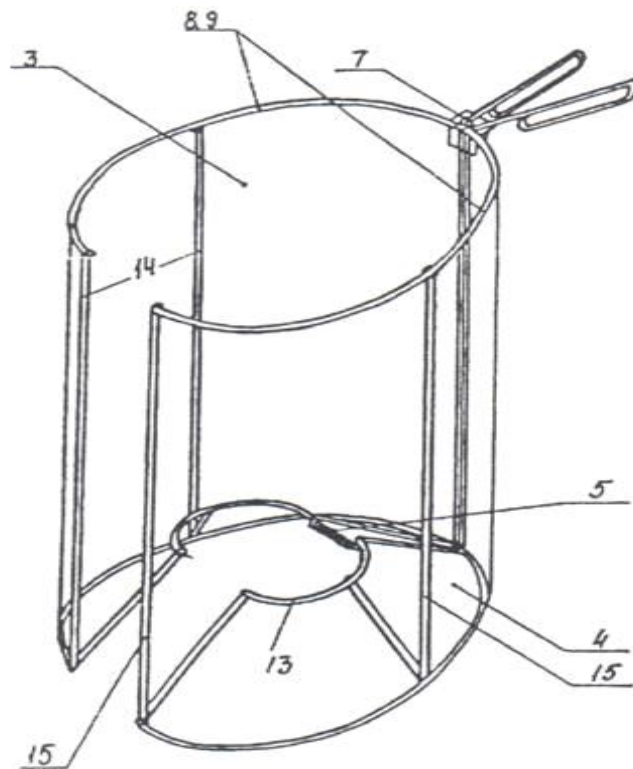


Рисунок 1.2 – Пристосування для збирання колорадських жуків

Використання ПЗК передбачає наступні кроки: шляхом натискання на рукоятки дуг 8 та 9 відбувається розведення каркасів. Після цього ПЗК підносять до куща таким чином, щоб він охоплювався нижніми дугами 12 і 13; рукоятки відпускають, і амортизатор, стискаючись, об'єднує каркаси, формуючи замкнену знизу і з боків структуру. Далі через верхній отвір в ПЗК за допомогою віника виконують кругові рухи по кущу, щоб струсити жуків на піддон. Потім розведенням каркасів і перенесенням ПЗК до наступного куща завершують процес. Жуків прибирають з піддону по мірі їх нагромадження (див. рис. 1.3).

Процес виробництва ПЗК розпочинається з вигинання силових елементів каркасів за кресленнями: поз.6, 8-15, використовуючи 3-ох міліметровий прутки із Сталі 3.

Для зручності виконання робіт корисно перенести розміри елементів на аркуш паперу у реальному масштабі. Наступний крок – збірка каркасів, які виступають як дзеркальні копії один одного. Елементи поз. 8-15 з'єднуються

зварюванням відповідно до креслень, приділяючи особливу увагу вертикальності стояків і дуг. До нижніх дуг призварено кронштейни. Після складання каркаси фарбують. В той час, як фарба сохне, з поліетиленової плівки вирізають піддон та обшивку для каркасів. Розміри обшивки, не зазначені на кресленнях, повинні відповідати габаритам каркаса з додатком 3-4 см для зварювання.

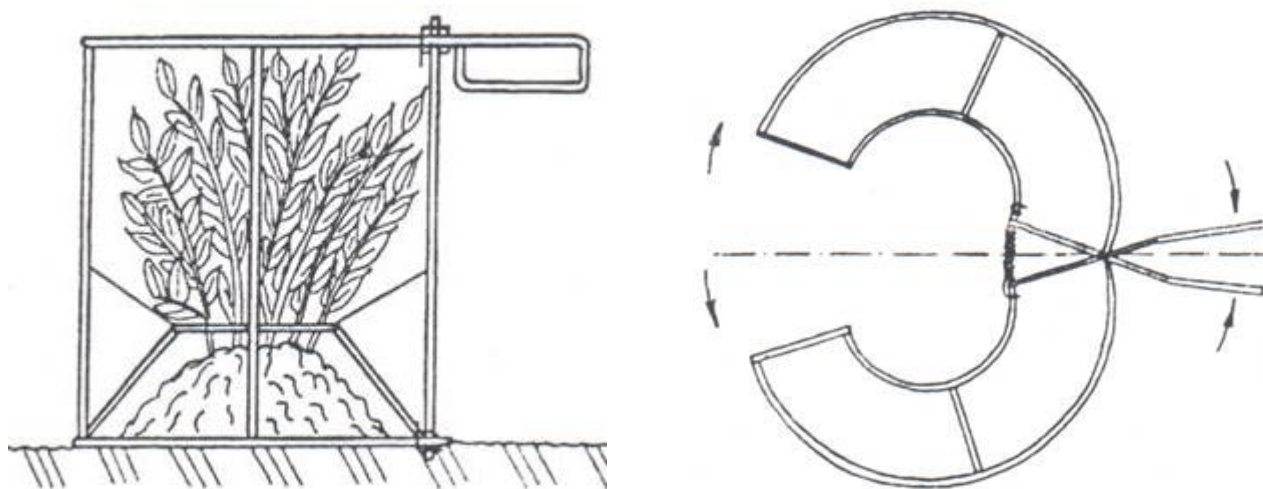


Рисунок 1.3 – Принцип роботи пристосування для збору жука та личинок

Далі відбувається обтягування каркасів плівкою. З'єднання країв плівки найзручніше здійснювати за допомогою паяльника з коліщатком на осі, вставленим у наріз у жалі. Плівку можливо замінити іншим м'яким матеріалом. Після процесу обтягування формують два затискачі з листової сталі. Вусики затискачів стискають навколо дуг так, щоб дуги могли вільно обертатися без зазорів, при цьому у плівці робляться невеликі прорізи для затискачів. На кронштейни встановлюють амортизатор (гумове кільце), що готує ПЗК до використання. Як амортизатор можна застосувати пружину з легким розтягуванням. З досвіду відомо, що обшивка і піддон тримаються 2-3 сезони, тому рекомендується виготовити запасні комплекти.

Методи захисту картоплі від шкідників та хвороб

Система захисту агрокультур від шкідників та хвороб вимагає дотримання складної технологічної процедури, що включає реалізацію ряду специфічних заходів, виконуваних послідовно.

Захист рослин в нашій країні є інтегральною частиною ширшої системи агротехнічних заходів, спрямованих на вирощування різних культур. Ці методи захисту поділяють на селекційно-генетичні, біологічні, агротехнічні, хімічні, фізико-механічні та інші, і вони виконуються у визначеному порядку, формуючи систему, що дозволяє ефективно боротися зі шкідниками, зменшити їхній негативний вплив і таким чином значно зберегти та покращити врожай.

Система захисту чітко націлена на ліквідацію джерел інфекцій та контроль шкідників на ранніх стадіях їхнього розвитку, перш ніж вони встигнуть завдати серйозної шкоди, та на максимізацію урожайності і якості продукції, одночасно зводячи до мінімуму забруднення довкілля.

Агротехнічний метод [9] має захисну функцію, яка полягає в основному в попередженні масового розмножування шкідників, обмеженні поширення бур'янів і хвороб, а також у збільшенні витривалості, стійкості та конкурентоспроможності рослин.

Вчасне та якісне виконання агротехнічних заходів дозволяє значно знизити як запас збудників хвороб у ґрунті, так і кількість зимуючих видів шкідників. Ці заходи впливають на екологічні умови в ґрунті, що може як підвищити, так і знизити стійкість рослин до основних хвороб та шкідників, а також змінити патогенні властивості мікроорганізмів та активність життя комах. Завдяки агротехнічним заходам змінюються умови існування шкідників, живлення культурних рослин і взаємовідносини між рослиною-господарем і шкідливими організмами.

Одним із ключових факторів в регулюванні чисельності, розвитку та шкідливості шкідників є сівозміна.

Сівозміна є науково обґрунтованим чергуванням сільськогосподарських культур у часі та просторі, ґрунтується на принципі чергування біологічно

споріднених культур у різних родинах у межах певної території. Цей метод є головним профілактичним заходом, який може істотно обмежити шкідливий вплив або навіть знешкодити загрозу для урожаїв від спеціалізованих шкідників, бур'янів та хвороб.

Селекційно-генетичний (імунологічний) метод [11]. Розробка та введення в аграрне виробництво сортів та гібридів культурних рослин, які є стійкими до атак шкідливих організмів і здатними протистояти пошкодженням, відіграє ключову роль у захисті посівів і насаджень від різноманітних шкідників та хвороб. Це також дозволяє обмежити використання спеціалізованих захисних заходів, особливо хімічних. У цьому контексті особливого значення набуває вибір та використання таких сортів, які є стійкими до найнебезпечніших і поширених шкідливих організмів у конкретних агрокліматичних зонах. З часом стійкість сортів може знижуватися і навіть втрачатися, тому потребує постійного оновлення.

Вирощування стійких до хвороб і шкідників сортів зменшує потребу у застосуванні захисних заходів, значно скорочує витрати на їхнє проведення, підвищує продуктивність виробництва та знижує рівень забруднення довкілля.

Фізико-механічний метод [11] використовує фізичні ефекти для захисту рослин від шкідників та хвороб. В цьому контексті застосовуються різні види енергії, зокрема тепла, світлова та радіоактивна.

Особливо популярне термічне знезараження, яке дозволяє видаляти збудників хвороб і шкідників з поверхні та внутрішніх частин насіння та садивного матеріалу, а також знищувати шкідливих організмів у теплицях та парниках.

У випадку вирощування у закритому ґрунті термічний метод включає використання високих температур для обробки насіння перед посівом та для знезараження конструкцій і субстратів у теплицях. Пропарювання ґрунту в теплицях при температурі близько 100 °C ефективно видаляє більшість збудників хвороб і шкідників овочевих культур. Взимку для термічного

знезараження ґрунту в теплицях використовують метод пропарювання під шатром.

До фізико-механічних методів також належать механічне усунення осередків інфекції шкідливих організмів у посівах і насадженнях, а також у проміжних рослинах-хостах. Іншим прикладом фізичних заходів захисту є використання звукових коливань, що мають відлякуючий або привабливий ефект на шкідників.

Біологічний метод [11] базується на використанні природних хижаків рослин (таких як паразити, хижаки, гербівори, антагоністи) та продуктів їхньої життєдіяльності (гормонів, антибіотиків, феромонів та їхніх аналогів) для захисту рослин від шкідливих організмів.

Цей метод включає три основні напрямки: підтримку та збереження природних популяцій ентомофагів та корисних мікроорганізмів у агроєкосистемах; випуск в поле ентомофагів, розведених у лабораторних умовах; та використання особливо патогенних організмів та їх метаболітів.

Збереження природних елементів агроєкосистем вважається найбільш обнадійливим, ефективним та доступним підходом, який можливий завдяки обачному використанню пестицидів і застосуванню комплексу агротехнічних заходів.

Природні епідемії серед комах і їхній вплив на скорочення чисельності шкідливих видів служать основою для штучного відтворення таких захворювань, а отже і для розроблення мікробіологічних методів захисту рослин.

Хімічний метод [11] означає використання пестицидів для запобігання та боротьби з шкідниками, рослинними хворобами та бур'янами, коли вони активно розмножуються і поширюються.

Пестициди застосовують для знищення різних живих організмів, таких як кліщі, комахи, гризуни, віруси, бактерії, грибки, а також небажану трав'яну чи чагарникову рослинність, які шкодять аграрному та тваринницькому секторам.

Пестициди характеризуються високою біологічною та господарською ефективністю, що робить їх економічно вигідними та доступними для використання. Це зробило хімічні методи одними з найбільш поширених у сільському господарстві.

Однак, поряд з перевагами, хімічний метод має свої недоліки, зокрема висока стійкість пестицидів до природних факторів може призводити до забруднення навколишнього середовища. Важливими заходами для зниження такого забруднення є скорочення норми витрат та частоти використання пестицидів.

З огляду на досягнення сучасної науки та недоліки інтенсивних агротехнологій, вчені розробили новий екологічний підхід у захисті рослин. Він передбачає не повне знищення шкідливих видів, а обмеження їх чисельності до рівня, що не призводить до значної шкоди. Цей підхід, відомий як інтегрований захист рослин, набуває популярності у світовому аграрному секторі.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Захист сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб та бур'янів є ключовим аспектом у виробництві рослинної продукції, відіграючи важливу роль у покращенні якості врожаїв та збільшенні їхньої продуктивності.

Розвиток сільськогосподарського виробництва потребує не тільки використання відповідних сортів, а й застосування передових технологій і методів захисту, які включають в себе використання вибіркового та низькотоксичних хімічних та біологічних препаратів із коротким періодом очікування до збирання урожаю.

Інтегрована система захисту рослин передбачає застосування комплексу сучасних, екологічно безпечних і економічно виправданих методів, які допомагають зменшити рівень шкідливих організмів у агроecosистемі.

Зокрема, важливим елементом підвищення врожайності картоплі є боротьба з такими шкідниками, як колорадський жук і його личинки, що завдають значної шкоди листям та стеблам картоплі.

Хімічні методи боротьби залишаються ефективними лише при дотриманні відповідної концентрації розчинів і часу обприскування.

Окрім цього, потрібно вдосконалювати механічні методи захисту, зокрема за допомогою механічного збору шкідників та використання пневматичних пристроїв, які збирають шкідників за допомогою високої швидкості повітряного потоку.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ КАРТОПЛІ ВІД ШКІДНИКІВ

2.1. Обґрунтування конструкції пристосування для збирання колорадських жуків

Удосконалення процесу механізованого захисту картоплі від шкідників передбачається здійснювати шляхом впровадження комбінованого агрегату, призначеного для збирання колорадського жука та його личинок.

Конструктивно запропонований агрегат виконується в складі тракторі МТЗ-82, на подовжніх лонжеронах змонтовано пневматичний пристрій, розташований попереду.

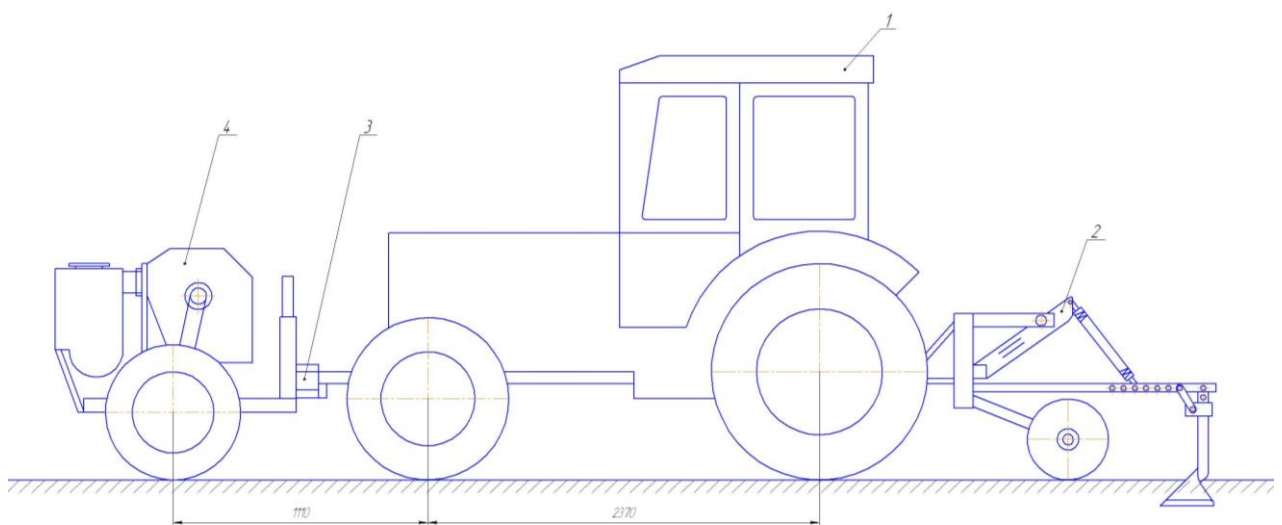


Рисунок 2.1 – Схема комбінованого агрегату

Зазначений пристрій (рис. 2.2) встановлюється на рамі культиватора типу КРН-4,2.

Загальний вигляд несучої рамної конструкції, що слугує основою для монтажу пневматичної системи, представлено на рисунку 2.3.

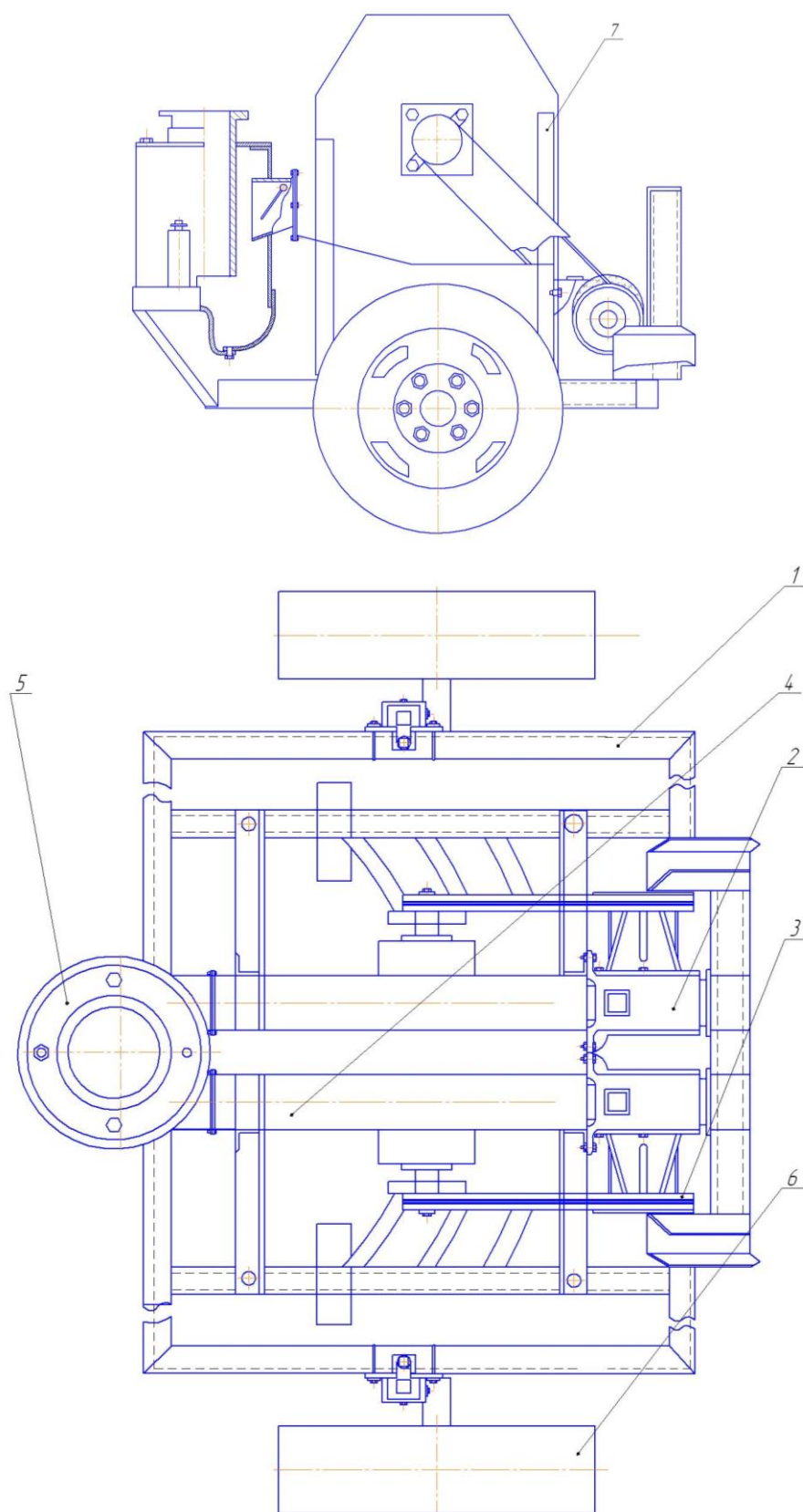


Рисунок 2.2 – Пневматичне пристосування для збирання колорадського жука

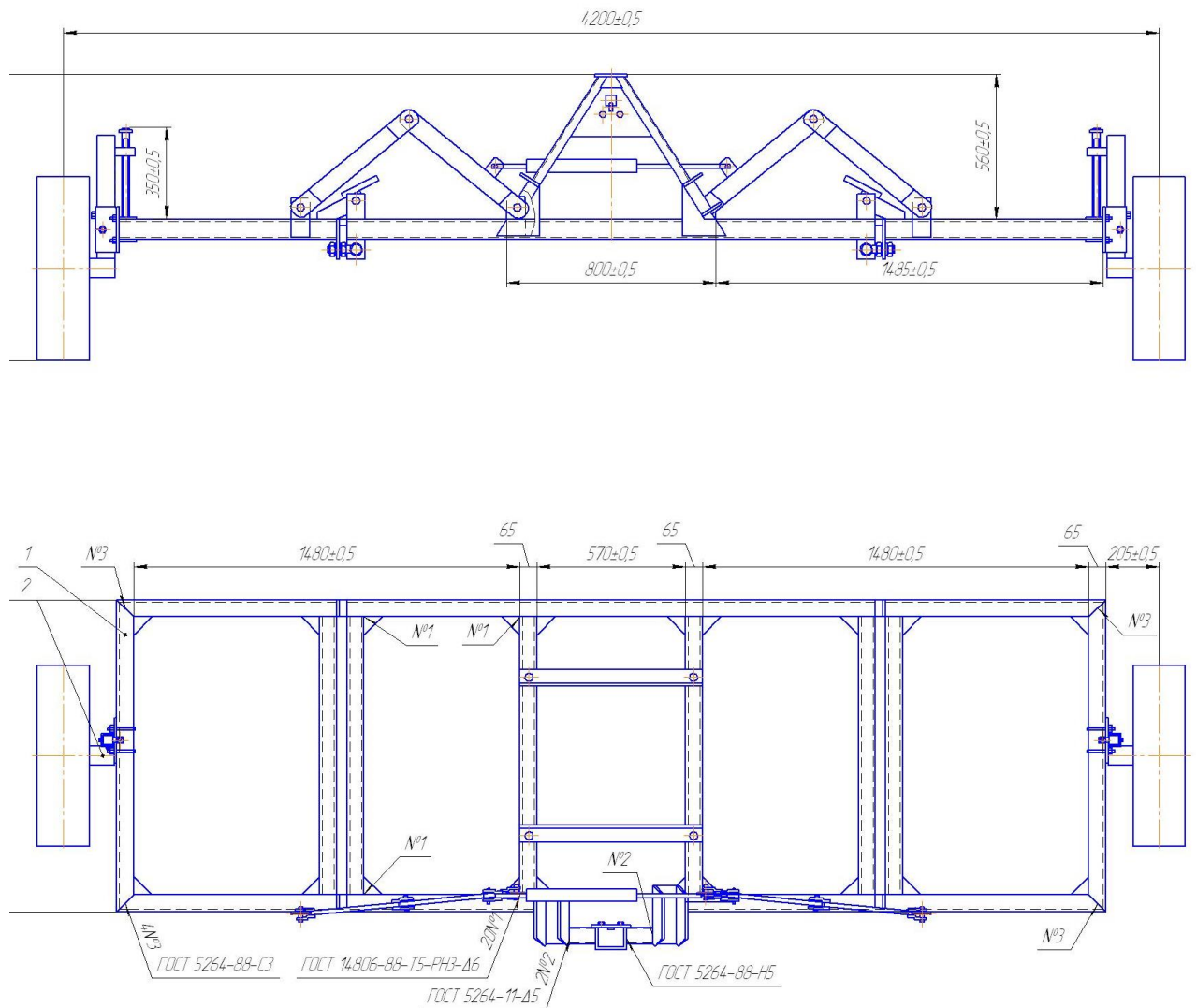
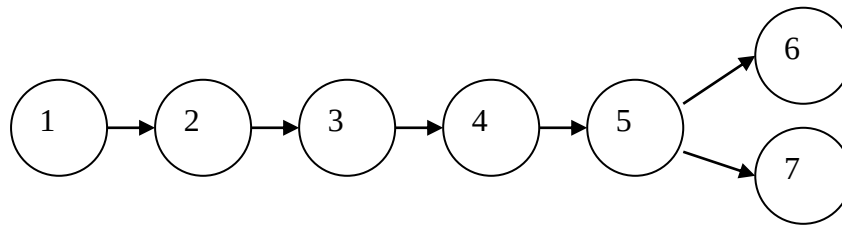


Рисунок 2.3 – Рама для встановлення пневматичного пристрою

З метою забезпечення достатнього дорожнього просвіту використовується навісний механізм, оснащений дворівневою системою підйому, реалізованою за рахунок додаткової балки та пари гідроциліндрів. Така конструкція забезпечує ефективну роботу зчіпного пристрою в піднятому положенні. Загальна висота підйому опорних коліс рами над поверхнею ґрунту становить 500 мм.

Формування повітряного потоку здійснюється шляхом роботи відцентрового вентилятора. Монтаж щілинних насадок на рамі культиватора КРН-4,2 та з'єднання їх зі всмоктуючим каналом вентилятора забезпечує

підвищення статичного тиску, величина якого прямо пропорційна довжині повітропроводів.



1 – гідромотор, 2 – запобіжна муфта, 3 – редуктор, 4 – клинопасовий варіатор,
5 – відцентровий вентилятор, 6 – щілинні насадки, 7 – фільтр

Рисунок 2.4 – Компонувальна схема пневматичного пристосування

Привід вентилятора реалізується за допомогою гідромотора типу ПМЛШ-32-2Л, через клинопасовий варіатор у поєднанні з конічним редуктором.

Щілинні насадки сконструйовані з урахуванням необхідності копіювання рельєфу кущів картоплі, що забезпечує їх ефективне функціонування. Варіатор клинопасового типу виконує функцію регулювання створюваного тиску, необхідного для всмоктування шкідників, зокрема колорадського жука та його личинок, для яких критична швидкість всмоктування становить близько 25...35 м/с [6].

Принцип дії установки полягає в наступному: вентилятор формує повітряний потік, який через щілинні насадки засмоктує шкідників, транспортує їх повітряною магістраллю до крильчатки вентилятора, а далі – до пневматичного фільтра. Після очищення у фільтрувальному блоці повітря виводиться в атмосферу.

Зазначена технологічна операція може здійснюватися як окремо – з метою збирання шкідників, так і паралельно з міжрядним обробітком ґрунту, який виконується культиватором КРН-4,2, встановленим у задній частині трактора.

2.2. Вибір експлуатаційно-технологічних параметрів пристосування

2.2.1. Обґрунтування параметрів відцентрового вентилятора

Функціональна ефективність пневматичного пристрою забезпечується за умови, що швидкість повітряного потоку, сформованого вентилятором, перевищує критичну швидкість переміщення шкідників, із врахуванням втрат статичного тиску вздовж повітропровідної магістралі [2].

Критичну швидкість знайдемо так:

$$V_{кр} = 1,28\sqrt{h_{\partial}}, \quad (2.1)$$

Динамічний тиск знайдемо із використанням формули:

$$h_{\partial} = V_{кр}^2 / 1,28 = 35^2 / 1,28 = 747,6; \quad (2.2)$$

$$V_{кр} = 1,28\sqrt{747,6} = 35 \text{ м/с.}$$

Середню швидкість повітря в зоні насадки можна знайти із формули:

$$V'_{cp} = (1,4...1,7)V_{кр}, \quad (2.3)$$

$$V'_{cp} = 1,7 \cdot 35 = 59,5 \text{ м/с.}$$

Повітряна витрата вентиляторів, які транспортують масу через робоче колесо, розраховується з урахуванням вагової (масової) концентрації переміщуваного середовища [6].

$$Q = \frac{G_{\epsilon}}{\gamma_{\epsilon}} = \frac{G_M}{\mu_{cm} \cdot \gamma_{\epsilon}}, \quad (2.4)$$

$$Q = \frac{0,4}{1,2} = 2,38 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Загальний тиск створюваний вентилятором у складі пневматичного пристрою складається з динамічного та статичного тисків:

$$H = h_{\partial} + h_{cm}.$$

Статичний тиск враховуючи конструкцію пристосування визначається за величиною динамічного тиску.

$$h_{cm} = (2.5) h_{\partial} = 3738 \text{ Н/м}^2.$$

Тоді загальний тиск складатиме:

$$H = h_{\partial} + h_{cm} = 747,6 + 3738 = 4485,6 \text{ Н/м}^2.$$

Знайдемо величину показника пневматичного режиму роботи вентилятора [3]:

$$K_{\epsilon} = \sqrt{\frac{h_{\partial}}{H}} = 0,166.$$

Теоретичний тиск, що створюється вентилятором знайдемо, використовуючи формулу [2]:

$$H_T = \frac{H}{\eta}, \quad (2.5)$$

$$H_T = \frac{4485,6}{0,7} = 6408 \text{ Н/м}^2.$$

Величину ефективної потужності вентилятора знайдемо таким чином [2]:

$$N_{\text{э}} = \frac{Q \cdot H}{1000}, \quad (2.6)$$

$$N_{\text{э}} = \frac{2,38 \cdot 4485,6}{1000} = 10,67 \text{ кВт.}$$

Знайдемо потужність на валу вентилятора згідно формули:

$$N = \frac{Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_{\text{е}}}, \quad (2.7)$$

$$N = \frac{2,38 \cdot 4485,6}{1000 \cdot 0,7} = 15,25 \text{ кВт.}$$

Значення потужності, яка розвивається на карданному валу привода установки ($N_{\text{кр}}$) знайдемо так:

$$N_{\text{к}} = \frac{Q \cdot H}{\eta_{\text{е}} \cdot 1000 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{КА}}}, \quad (2.8)$$

$$N_{\text{к}} = \frac{2,38 \cdot 4485,6}{0,7 \cdot 1000 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,98} = 16,71 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо значення зовнішнього діаметру робочого колеса вентилятора [2]:

$$D_2 = \frac{2}{n} \sqrt{\frac{H_T}{C_M \cdot \gamma_6}}, \quad (2.9)$$

Коефіцієнт C_M знайдемо із залежності:

$$C_n = \frac{\pi^2}{900} \left[\frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \operatorname{tg} \cdot \gamma_c} - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \cdot \frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \operatorname{tg} \cdot \gamma_1} \right] \quad (2.10)$$

Прийmemo $\alpha_1 = 35^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$.

При $\alpha_2 > \alpha_1$, при збільшенні обертів (витрат повітря) напір повітря зростає.

Прийmemo $\gamma_1 = 20^\circ$, $\gamma_2 = 2 \dots 3^\circ$.

Відношення внутрішнього та зовнішнього діаметрів колеса прийmemo 1/3.

$$C_H = \frac{3,14^2}{900} \left(\frac{1}{1 + \operatorname{tg} 60^\circ \cdot \operatorname{tg} 3^\circ} - (0,33)^2 \frac{1}{1 + \operatorname{tg} 60^\circ \operatorname{tg} 20^\circ} \right) = 0,01097 [0,91678 - 0,06679] = 0,0093 \text{ мм}$$

Отже:

$$D_2 = \frac{2}{600} \sqrt{\frac{6408}{0,0093 \cdot 12}} = 790 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань зовнішній діаметр складатиме

$$D_2=800 \text{ мм.}$$

Проведемо розрахунки внутрішнього діаметру робочого колеса вентилятора [2]:

$$H_T = \left[\omega^2 \left(\frac{D_2^2}{4} - \frac{D_1^2}{4} \right) + \frac{Q_u \cdot \omega}{2\pi B_\epsilon} [tg\alpha_2 - tg\alpha_1] \right] \cdot \gamma_B, \quad (2.11)$$

де

$$\omega = \frac{\pi n}{30}.$$

При цьому приймею, що $B_B=0,4 D_2$.

$$D_1 = \sqrt{D_2^2 - 4 \left[\frac{H_r}{\gamma_\epsilon \cdot \omega^2} - \frac{Q_\epsilon \cdot \omega}{2\pi B_\epsilon (tg\alpha_2 - tg\alpha_1)} \right]}. \quad (2.12)$$

В результаті отримаємо:

$$D_1 = \sqrt{0,8^2 - 4 \left[\frac{6408}{12 \left(\frac{3,14 \cdot 800}{30} \right)^2} - \frac{2,38 \frac{3,14 \cdot 800}{30} (tg60^\circ \cdot tg35^\circ)}{\frac{2\pi \cdot 0,4 \cdot 0,6}{\left(\frac{3,14 \cdot 800}{30} \right)^2}} \right]} = \sqrt{3,36(0,76) - 0,019} = 0,486 \text{ м.}$$

$$D_1=486 \text{ мм.}$$

Розрахуємо значення діаметра вхідного отвору вентилятора виходячи із мінімальних вхідних втрат повітря:

$$D_0 = 2,573 \sqrt[3]{\frac{\Delta Q B}{M_0 (1 - \Phi) h}}, \quad (2.13)$$

де

$$\Delta = 0,6 \dots 0,8; \quad M_0 = 0,8 \dots 0,9; \quad \Phi = 0,42 \dots 0,46.$$

$$D_0 = 2,573 \sqrt[3]{\frac{0,8 \cdot 2,38}{0,85(1 - 0,45)800}} = 0,442 \text{ м.}$$

Радіус кривизни лопаток, а також радіус описаного кола, що проходить через центри лопатей, можуть бути визначені на підставі відповідних розрахункових залежностей:

$$R = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4(D_2 \sin \alpha_2 - D_1 \sin \alpha_1)}; \quad (2.14)$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{D_2^2}{4} + R^2 - D_2 \sin \alpha_2}; \quad (2.15)$$

$$R = \frac{800^2 - 486^2}{4(800 \sin 60^\circ - 486 \sin 35^\circ)} = 324,3 \text{ мм};$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{800^2}{4} + 205,8^2 - 800 \sin 60^\circ} = 449,06 \text{ мм.}$$

Дані розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові параметри вентилятора

Параметри	h_d	$V_{кр}$	Q	H	K_B	H_T
Розмірність	H/m^2	m/c	$m^3/xв$	H/m^2	-	H/m^2
Значення	747,6	35	2,38	4485,6	0,166	6408

Параметри	N_3	N_B	N_{KB}	η	D_2	D_1
Розмірність	кВт	кВт	кВт	-	мм	мм
Значення	10,67	15,25	16,71	0,7	800	486

Параметри	α_1	α_2	R	R_0	D_0	n
Розмірність	град.	град.	мм	мм	мм	$xв^{-1}$
Значення	35	60	324,3	449,06	442	600

2.2.2. Обґрунтування кінематичної схеми вентилятора

Аналіз та обґрунтування параметрів вентилятора засвідчили, що кількість обертів його ротора (вала) становить $n_3 = 600$ об/хв. Враховуючи конструктивні особливості, запропонований пневматичний пристрій доцільно агрегувати з трактором МТЗ-82.

Для проведення подальших розрахунків приймаємо швидкість обертання гідромотора, що дорівнює $n_0 = 250$ $xв^{-1}$.

Передавальне відношення гідромотор – вал вентилятора становитиме

$$i = \frac{n_s}{n_o} = \frac{600}{250} = 2,4$$

Оскільки вентилятор розташовується на рамі в напрямку руху агрегату, а його вал орієнтований перпендикулярно до осі обертання вала гідромотора, доцільним є застосування конічного редуктора. Такий тип редуктора оптимальний для умов високої частоти обертання за наявності невеликого передавального відношення.

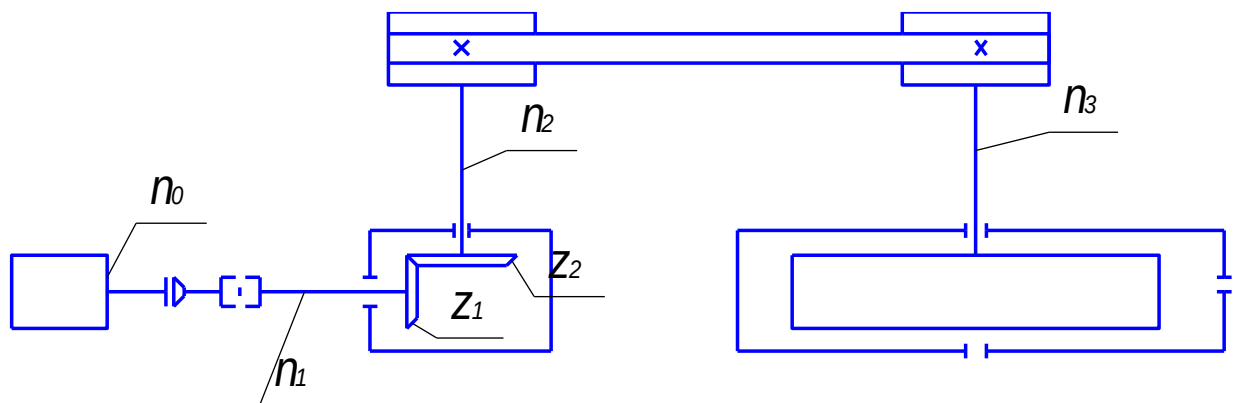


Рисунок 2.5 – Кінематична схема пристрою

Привідна шестерня редуктора має число зубів $Z_1=34$.

Передавальне відношення редуктора:

$$i_p = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{19}{34} = 0,559.$$

Редуктор закріплюється в передній частині рами вентиляційної установки за допомогою чотирьох болтових з'єднань. Самі вентилятори монтуються на

раму пристрою, тоді як гідромотор розташовується безпосередньо поблизу редуктора.

Передача обертового моменту від гідромотора до привідного вала редуктора здійснюється через фрикційну муфту, що забезпечує надійність та безпечність з'єднання.

Знайдемо оберти вихідного вала редуктора:

$$n_c = n_1 \cdot i_p = 250 \cdot 0,559 = 140 \text{ хв.}^{-1}$$

З метою подальшої передачі крутного моменту в конструкції передбачається використання клинопасової передачі.

Передавальне число пасової передачі:

$$i_{кл} = \frac{i_{заг}}{i_p} = \frac{2,4}{0,559} = 4,293.$$

Прийmemo діаметр привідного шківа для клинопасової передачі:

$$D_1 = 305 \text{ мм.}$$

Діаметр веденого шківа знайдемо так:

$$D_2 = \frac{D_1}{i_{кл}} = \frac{305}{4,293} = 71 \text{ мм.}$$

У зв'язку з наявністю варіатора частоти обертання вентилятора в конструкції пристрою, необхідно визначити граничне (максимальне) значення частоти обертання вала вентилятора.

$$D_{2\max} = 71 \text{ мм.} \quad D_{2\min} = 46 \text{ мм.}$$

З огляду на це передавальне відношення для клинопасової передачі складатиме:

$$\tau_{кл} = \frac{D_1}{D_{2min}} = \frac{305}{46} = 6,63.$$

$$\text{Тоді } n_3' = n_2 - i_{кл} = 307 \cdot 6,63 = 2035 \text{ хв.}^{-1}$$

Знайдемо теоретичний і дійсний тиск за таких частт обертання валу вентилятора.

Згідно формули 2.10:

$$H_T = \frac{D_2^2 \cdot n^2 \cdot C_n \cdot \gamma_B}{4}, \quad (2.16)$$

$$H_T = \frac{0,685^2 \cdot 2035^2 \cdot 0,00093 \cdot 12}{4} = 54188,3 \text{ Н/м.}$$

Згідно формули 2.6:

$$H\partial = H_T \cdot \eta = 4714 \cdot 0,7 = 6734,2 \text{ Н/м.}$$

Регулювання натягу клинопасової передачі здійснюється шляхом переміщення привідного шківа, що досягається відповідним зміщенням редуктора у вертикальній площині відносно його опорної поверхні.

Результати кінематичних розрахунків подано в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри кінематичного розрахунку

Параметри	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення
Частота обертання гідромотора	n_o	хв^{-1}	250
Передаточне відношення редуктора	i_p	-	0,55
Передаточне відношення клинопасової передачі	$i_{кл}$	-	4,293
Діаметри шківів			
ведучого	D_1	мм	305
веденого	D_2	мм	71
Міжосьова відстань	H_p	мм	625
Частота обертання вала вентилятора	n_3	хв^{-1}	600
Передаваний крутний момент	$M_{кр}$	Н·м	20,2
Потужність вентилятора	N_B	кВт	15,25
ККД вентилятора	η	-	0,7

На підставі результатів кінематичного розрахунку було розроблено комплект робочих креслень привідного механізму.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розробка конструкції рами пристосування

На основі запропонованого пневматичного пристрою, привідного механізму з фрикційною муфтою та системи повітропроводів нами було запропоновано конструкцію рами.

Рама має форму зварної прямокутної конструкції, виготовленої зі швелерів № 6,5 відповідно до вимог стандарту ГОСТ 8240–72, і обладнана монтажними площадками для встановлення кронштейнів опорних коліс установки.

У несучій частині рами виконується розрахунок міцності зварного з'єднання. З цією метою здійснюється аналітичний розрахунок прямих і косих стикових з'єднань.

Загальна маса конструкції визначалась сумарно за масою її складових елементів.

- Маса рами

$$m_p = L_p \cdot M_D, \quad (3.1)$$

$$m_p = 18 \cdot 4,84 = 87,12 \text{ кг.}$$

- Маса замку автозчеплення $m_{цч} = 17 \text{ кг}$;
- Маса конічного редуктора $m_{ред} = 8 \text{ кг}$;
- Маса фрикційної муфти $m_{ф} = 6 \text{ кг}$;
- Маса опорних коліс з кронштейнами $m_{к} = 100 \text{ кг}$;
- Маса гідромотора 7 кг ;
- Маса пневмопроводів $m_{п} = 52,5 \text{ кг}$;

- Маса клинопасової передачі в комплекті із захисним кожухом

$$m_{кл} = 3,2 \cdot 2 = 7 \text{ кг};$$

- Маса відцентрового вентилятора $m_e = 20 \cdot 2 = 40 \text{ кг}$.

Отже загалом маса рами буде 324,62 кг.

Розрахунок зварного з'єднання з косими швами здійснювався за діючим згинальним моментом у транспортному положенні агрегату, оскільки саме ця ситуація є найбільш навантаженою. Розрахунковий момент визначався як добуток сили, прикладеної в центрі ваги машини, на плече її дії.

Враховуючи, що зовнішній контур рами виконано з одного типорозміру швелера № 6,5 згідно з ГОСТ 8240–72, максимальне значення згинального моменту припадає на поперечний елемент контуру конструкції.

$$\sigma^I = \frac{M_{32}}{W} \leq [\sigma_P], \quad (3.2)$$

$$M_{изг} = P \cdot L = \frac{P_{\kappa}}{2} \cdot l. \quad (3.3)$$

$$M_{32} = \frac{2674,79}{2} \cdot 15,6 \cdot 10^3 = 20,86 \cdot 10^6 \text{ Нмм.}$$

$$\sigma^I = \frac{20,86 \cdot 10^6}{15 \cdot 10^3} = 139,1 \text{ МПа.}$$

$$\sigma^I = 139,1 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності для зварних з'єднань конструкції становить:

$$K^I = \frac{[\sigma_P]}{\sigma^I} = \frac{160}{139,1} = 1,15,$$

що гарантує її експлуатаційну надійність під час дії динамічних навантажень, зумовлених нерівностями ґрунтової поверхні.

Виконаємо розрахунок жорсткості рами конструкції.

У транспортному положенні, за умов дії динамічних навантажень, у восьми вузлових точках, розташованих по периметру рами, прикладені зосереджені сили:

$$P = \frac{P_{\kappa}}{8} = \frac{2674,79}{8} = 334,34 \text{ Н.}$$

Перевіримо виконання умови міцності для повздовжніх швелерів:

$$\sigma^{\text{II}} = \frac{334,34 \cdot 15,6 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} = 34,8 \text{ МПа.}$$

$$\sigma^{\text{II}} = 34,8 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності зварних з'єднань матиме значення

$$K^{\text{II}} = \frac{[\sigma_p^{\text{II}}]}{\sigma^{\text{II}}} = \frac{160}{34,8} = 4,6,$$

що додатково забезпечує необхідний рівень жорсткості конструкції під впливом динамічних навантажень.

У процесі функціонування машини на зварні з'єднання рами вузла автозчеплення в подовжньо-вертикальній площині діє згинальний момент, що потребує врахування при оцінюванні міцності та довговічності конструкції.

$$M_{32}^{\text{II}} = P_{\kappa} \cdot f_{\text{коч}} \cdot l. \quad (3.4)$$

Для поверхні поля засадженої картоплею $f_{koch}=0,12\dots0,14$ [21];

$$M_{32}^{II} = 2674,79 \cdot 0,14 \cdot 350 = 13,106 \cdot 10^5 \text{ Нмм.}$$

Умова міцності:

$$\sigma^{III} = \frac{M_{32}^{III}}{W} \leq [\sigma_P], \quad (3.5)$$

$$\sigma^{III} = \frac{13,106 \cdot 10^5}{8,5 \cdot 10^3} = 154,2 \text{ МПа.}$$

$$\sigma^{III} = 154,2 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності зварних з'єднань конструкції буде

$$K^{III} = \frac{[\sigma_P]}{\sigma^{III}} = \frac{160}{154,2} = 1,04,$$

що додатково свідчить про її високу надійність під час експлуатації.

.

3.2. Розрахунок навісного пристрою

Навісний пристрій виготовлено зі швелерів, сталевих кутників марки Ст3. Здійснимо розрахунок швелерів на згин відповідно до [21].

Загальна маса машини разом із навісною конструкцією приймається на рівні 400 кг.

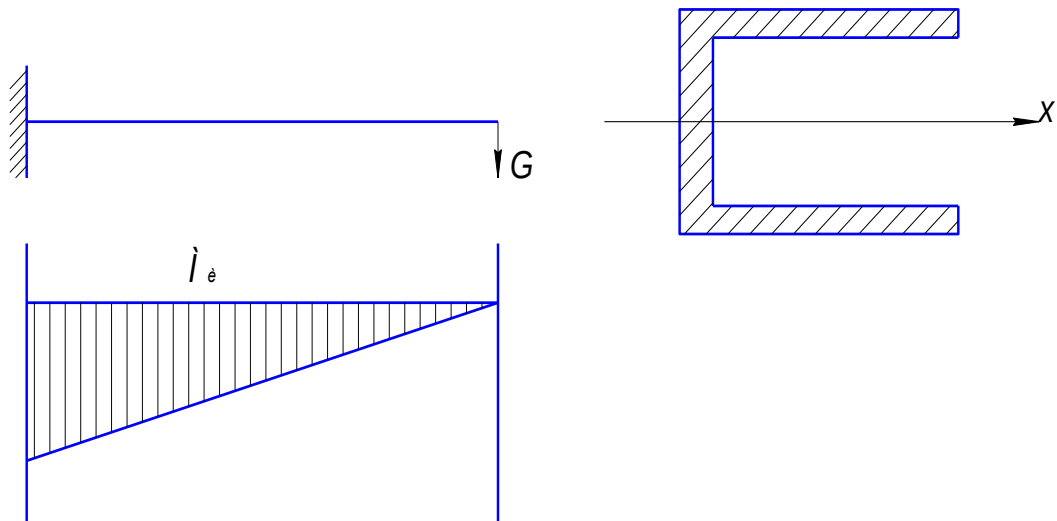


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема навісного пристрою

$$G=400 \text{ кг}=4000 \text{ Н};$$

$$l=330 \text{ мм.}$$

Умова міцності:

$$\sigma = \frac{M_{xz}}{W_x} \leq [\sigma], \quad (3.6)$$

для сталі Ст.3 $[\sigma]=160 \text{ МПа}$;

$$M_{xz} = G \cdot l = 4000 \cdot 330 = 13.2 \cdot 10^5 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Для швелера №18

$$W_x = 121 \text{ см}^3 = 121 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

$$\sigma = \frac{13.2 \cdot 10^5}{121 \cdot 10^3} = 11 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Умову міцності дотримано.

3.3. Аналіз напружено-деформованого стану швелера навісного пристрою

Проведемо аналіз впливу наявних конструктивних отворів у швелері навісного пристрою на його напружено-деформований стан шляхом порівняння з аналогічним швелером без отворів.

Для цього за допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks побудовано твердотільну модель швелерної балки (рис. 3.2).

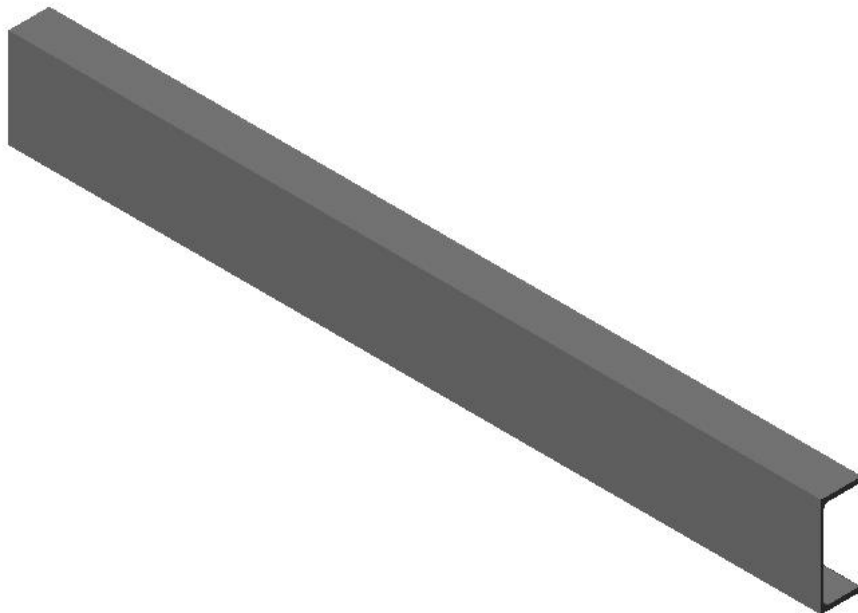
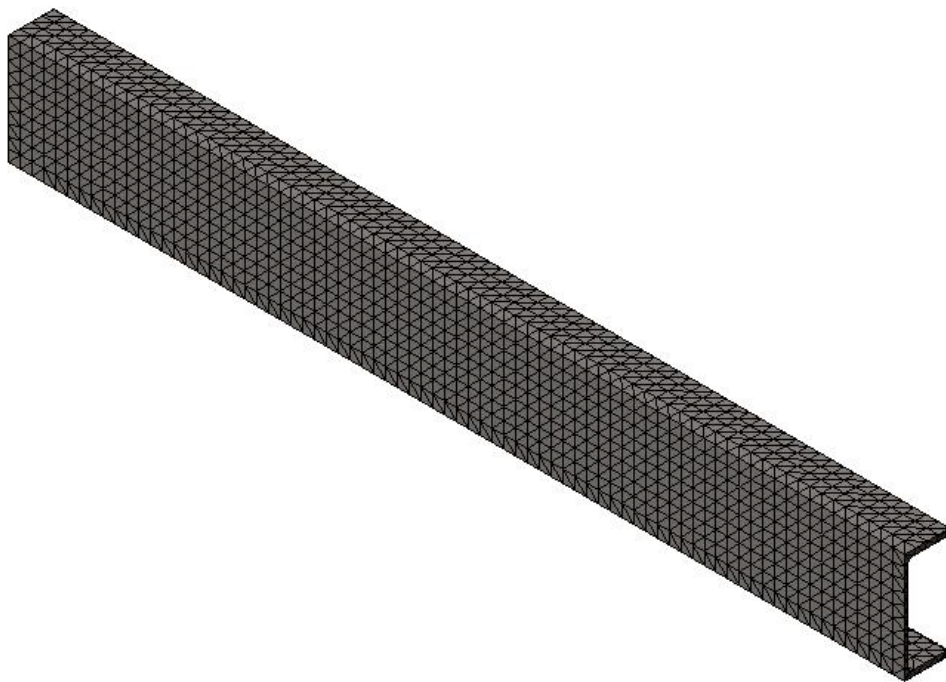


Рисунок 3.2 – 3D модель балки навісного пристрою, виконаної із швелера

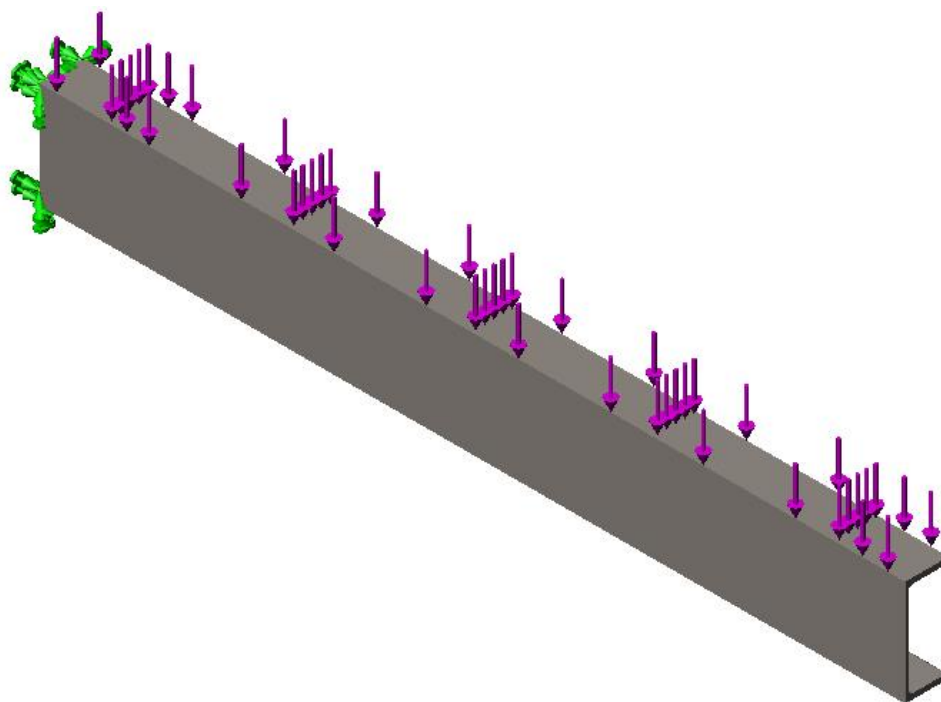
Шляхом використання модуля кінцеелементного аналізу *CosmosWorks*, що входить до складу системи тривимірного моделювання *SolidWorks*, здійснимо дослідження напружено-деформованого стану швелерної балки.

На основі створеної 3D-моделі швелерної балки навісного пристрою формується кінцеелементна сітка (рис. 3.3, а).

Граничні умови визначаються наступним чином: один кінець балки задається як защемлений, інший – вільний. Як навантаження прикладається рівномірно розподілене зусилля величиною 4000 Н, відповідно до даних, наведених у розділі 3.2 (рис. 3.3, б).



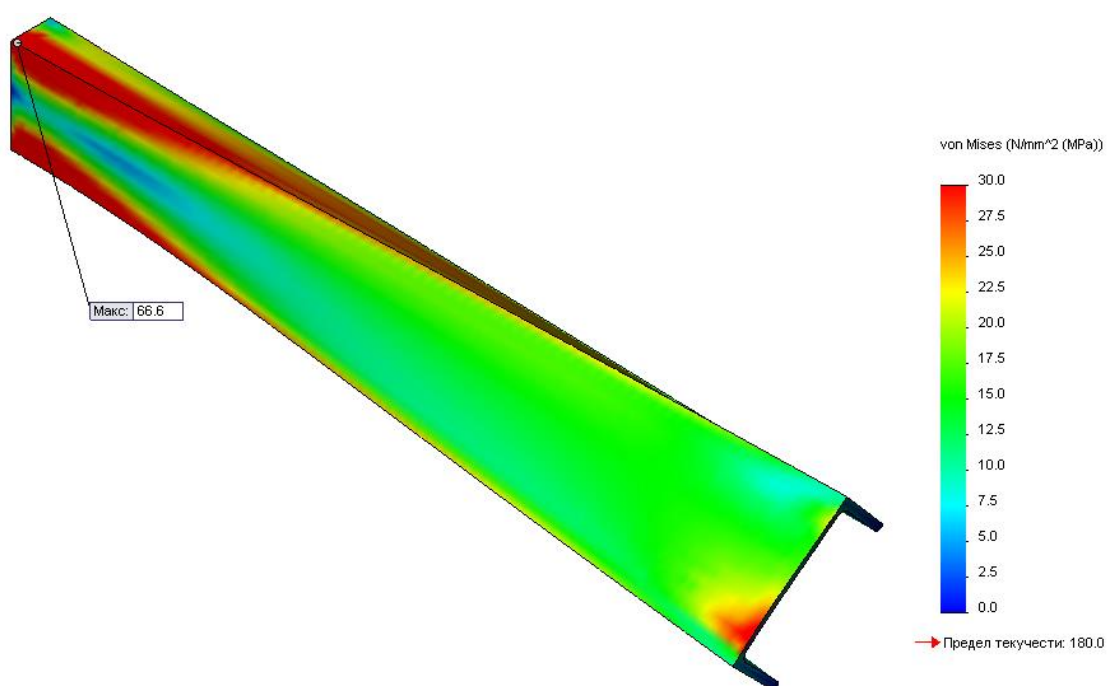
а)



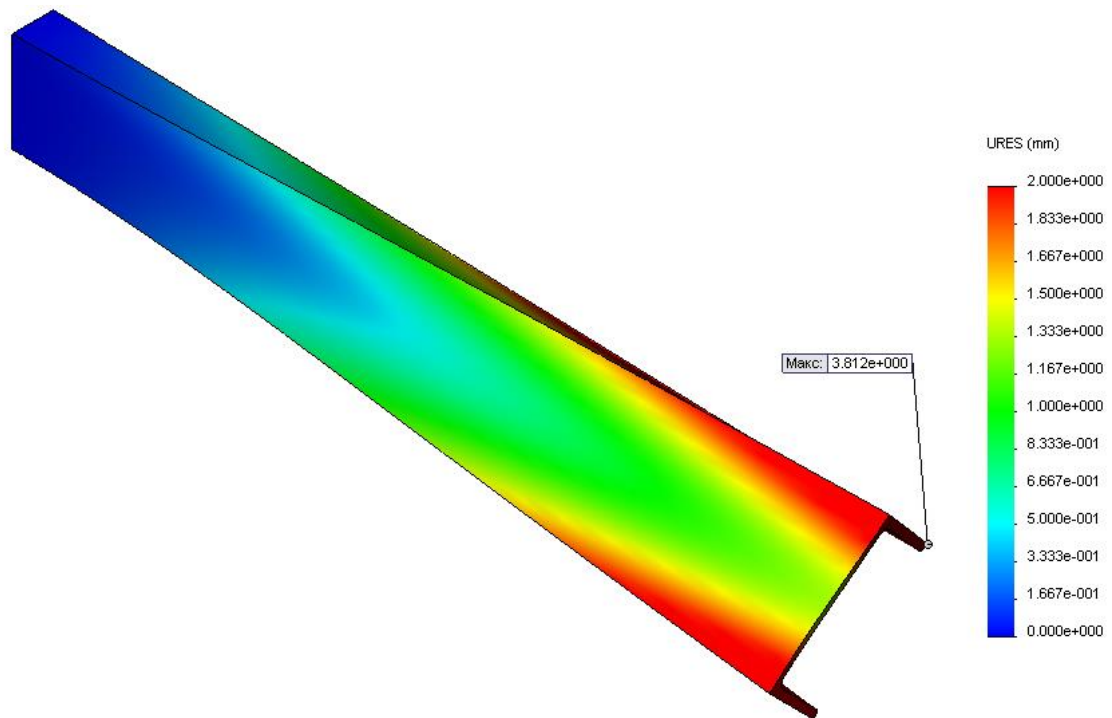
б)

Рисунок 3.3 – Моделювання швелерної балки навісного пристрою

Результати кінцевоелементного аналізу швелерної балки без конструктивних отворів наведено на рисунку 3.4, тоді як результати розрахунку для балки з отворами представлено на рисунку 3.5.

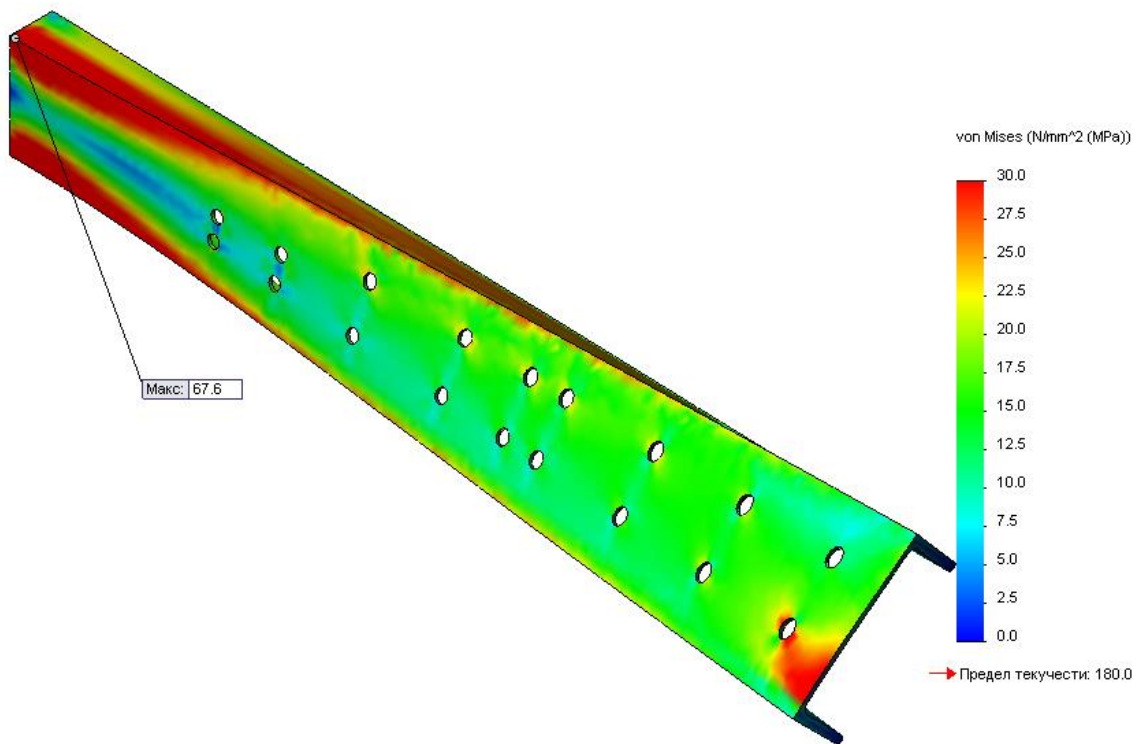


a)



б)

Рисунок 3.4 – Результати розрахунку НДС швелерної балки без отворів



a)

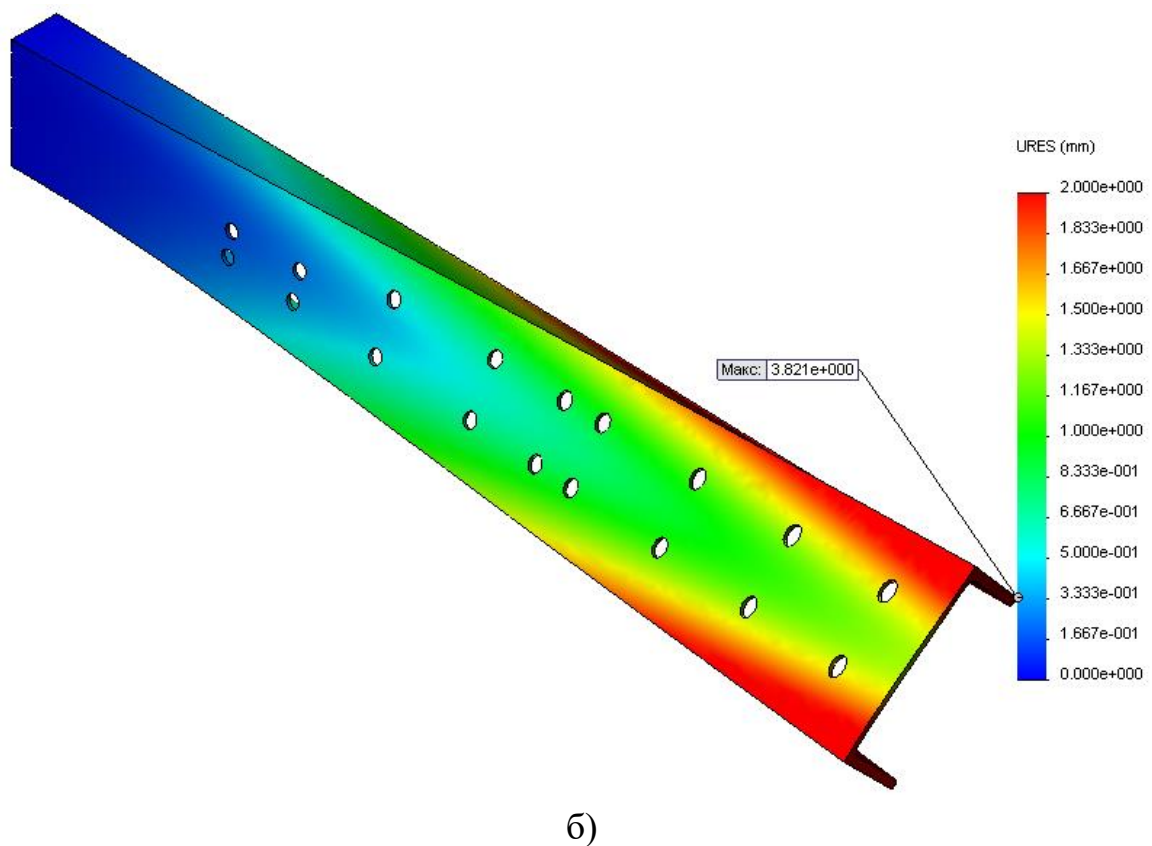


Рисунок 3.5 – Результати розрахунку НДС швелерної балки з отворами

Як показують результати розрахунку, отримані методом скінченних елементів, наявність конструктивних отворів у стінці швелерної балки не чинить суттєвого впливу на її напружено-деформований стан.

Максимальні значення напружень спостерігаються в зоні защемлення балки та відрізняються незначно: для балки без отворів вони становлять 66,6 МПа, тоді як для балки з отворами – 67,6 МПа (різниця лише 1 МПа).

Зміна жорсткості балки також є незначною – максимальне переміщення вільного кінця балки без отворів становить 3,812 мм, а балки з отворами – 3,821 мм (різниця $\approx 0,01$ мм).

Графічне представлення розподілу коефіцієнтів запасу міцності для балки без отворів наведено на рисунку 3.6, а для балки з отворами – на рисунку 3.7.

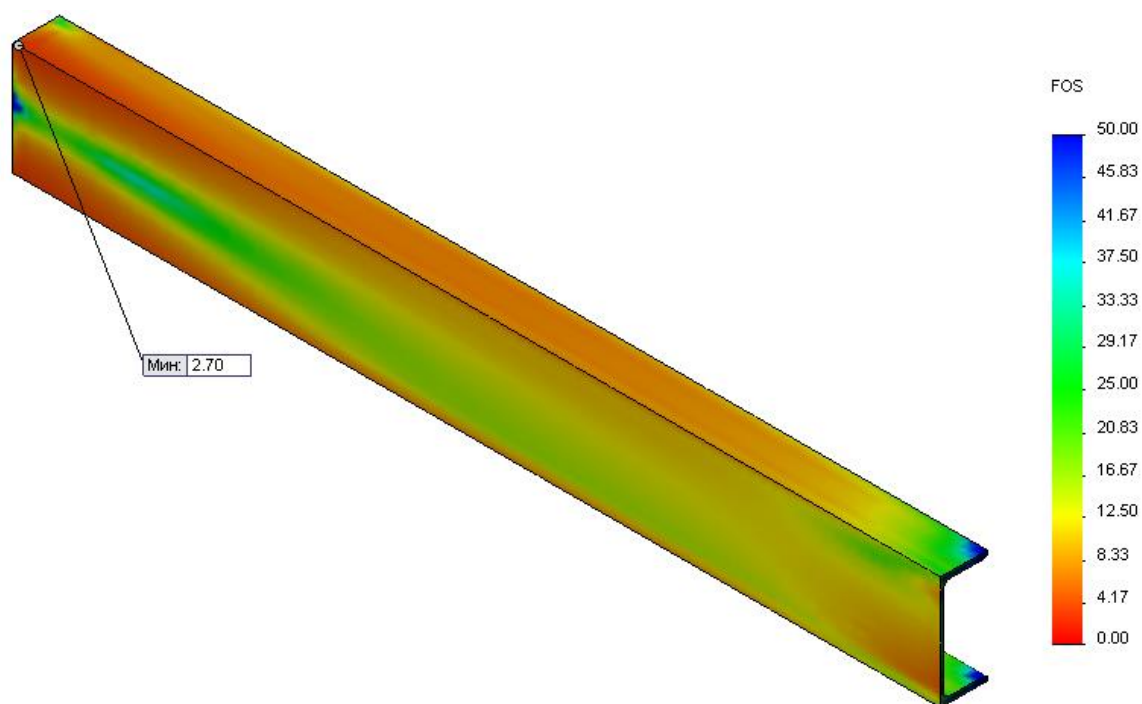


Рисунок 3.6 – Розподіл запасу міцності для швелерної балки без отворів

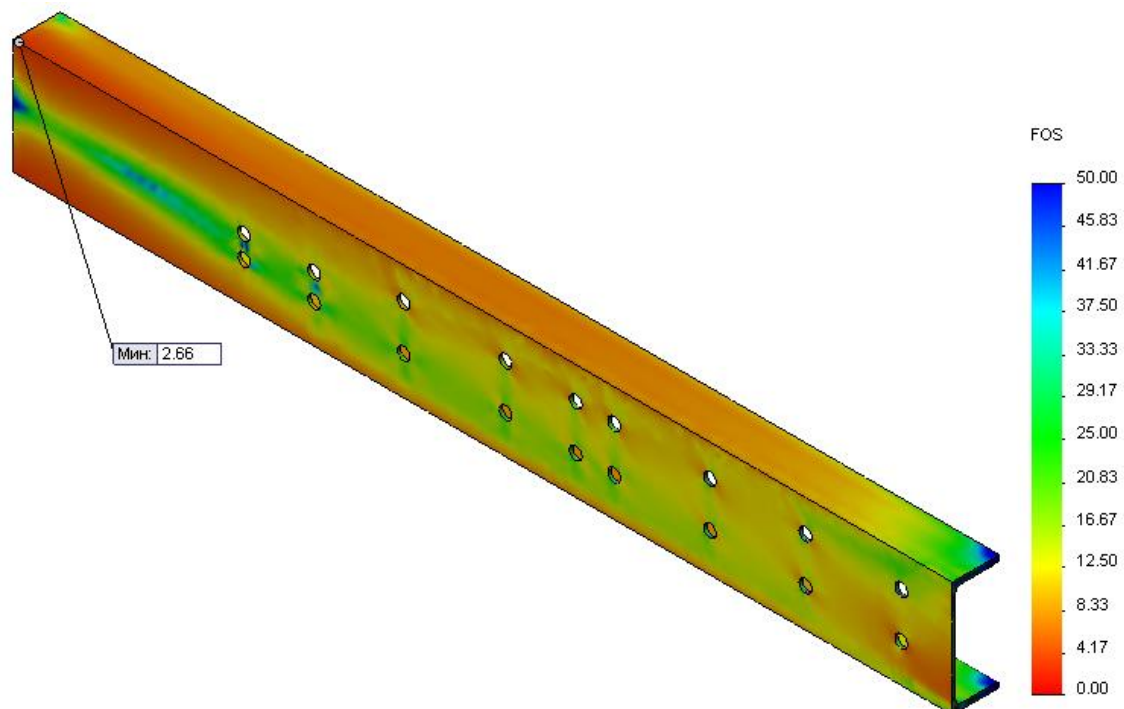


Рисунок 3.7 – Розподіл запасу міцності для швелерної балки з отворами

Для балки без конструктивних отворів коефіцієнт запасу міцності становить 2,7, тоді як для балки з отворами у стінці – 2,66. Отже, різниця між цими значеннями є незначною та становить лише 0,04, що свідчить про мінімальний вплив отворів на загальну міцність конструкції.

3.4. Розрахунок валу вентилятора на міцність

Під час розрахунку валів на жорсткість їхні діаметри, як правило, перевищують ті, що визначаються з умови міцності, оскільки такі вали зазвичай працюють за умов невисоких експлуатаційних навантажень.

У зв'язку з цим доцільно виконувати спрощений розрахунок, не враховуючи динамічний характер навантаження. Зокрема, у формулах опускається врахування коефіцієнтів концентрації напружень, параметрів циклічного навантаження тощо [21].

За умови дії сталого навантаження та при незначних згинальних моментах (характерно для коротких валів зі сталі 45), діаметр вала орієнтовно визначається за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{N}{n}}, \quad (3.7)$$

$$d = \sqrt{\frac{15,25}{600}} = \sqrt{2,54} = 16 \text{ мм.}$$

Залежність використана для розрахунків валу на кручення при $\tau_{кр} = 20$ МПа.

Виходячи із конструктивних міркувань приймемо діаметр валу маточини вентилятора рівним $d=50$ мм.

Проведемо розрахунки валу на міцність:

$$[\sigma_{зг.}] = \frac{\sqrt{M_{зг.}^2 + 0,45M_{кр.}^2}}{W}, \quad (3.8)$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 0,1d^3. \quad (3.9)$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 50^3}{32} = 12,3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Максимальне значення згинного моменту $M_{зг.}$ в небезпечному перерізі, $H \cdot \text{мм}$.

$$M_{зг.} = \sqrt{M_{зг.Г}^2 + M_{зг.В}^2}, \quad (3.10)$$

Вал приводу вентилятора змонтований на двох шарикопідшипниках і має дві консольні ділянки: одну – для встановлення шківів клинопасової передачі, іншу – для монтажу маточини ротора вентилятора.

Осесиметричне зусилля, що діє на вал, визначається як добуток напору, створюваного вентилятором, на площу проекції його лопаті:

$$P_2 = H \cdot S = H[(D_2 - D_1) \cdot Be]. \quad (3.11)$$

$$P_2 = 4485,6[(0,8 - 0,486) \cdot 0,38] = 450,7 \text{ Н}.$$

$$M_{зз} = P_2 \cdot l_2 = 450,7 \cdot 120 = 54084 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

$$M_{кр} = P_2 \cdot R_{кр}, \quad (3.12)$$

$$M_{кр} = 450,7 \cdot 449,06 = 202391,3 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

$$[\sigma_{зз}] = \frac{\sqrt{54084^2 + 0,45 \cdot 202391,3^2}}{12300} = 56,1 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{зз} = 56,1 \text{ МПа} \leq 350 \text{ МПа}.$$

Умова міцності забезпечується.

3.5. Розрахунок підшипника кочення вала приводу вентилятора

У запропонованій конструкції приводу робочого колеса вентилятора його вал обертається в опорах на підшипниках кочення.

Для забезпечення надійної роботи у приводі застосовуються радіальні сферичні шарикопідшипники, які здатні компенсувати перекося та ефективно передавати крутний момент у валах, що зазнають значних згинальних деформацій, зокрема при консольному розташуванні.

Приймемо підшипники 1208 згідно ГОСТ 5720-75, для котрих $d=40 \text{ мм}$; $D=80 \text{ мм}$; $B=18 \text{ мм}$.

Знайдемо значення номінальної довговічності підшипника *млн.об.*

$$H = \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (3.13)$$

Визначимо динамічну вантажопідйомність для радіально-упорних шарикових підшипників, кН.

$$C = f_c (i \cos \alpha)^{0,7} \cdot Z^{2/3} \cdot 3,647 D_T^{1,4}, \quad (3.14)$$

де

$$i=4; \quad z=34; \quad D_T=8,73 \text{ мм.}$$

$$\frac{D_T}{d_m} = \frac{8,73}{2} = 4,37 \rightarrow f_c = 9,2; \quad \alpha = 45^\circ.$$

$$\text{Де } d_m = \frac{D}{d} = \frac{80}{40} = 2.$$

$$C = 9,2(4 \cos 45^\circ)^{0,7} \cdot 34^{2/3} \cdot 3,697 \cdot 8,73^{1,4} = 15,3 \text{ кН.}$$

Проведемо розрахунки еквівалентних динамічних навантажень [21]:

$$P = x v F_T + Y F_\sigma, \quad (3.15)$$

$$\text{де } x=0,35; \quad y=0,57; \quad V=1,2; \quad F_T=77,4 \text{ Н.}$$

$$F_\sigma = H \cdot \frac{[D_2^2 - D_1^2] \cdot \pi}{4} = 825 \text{ Н.}$$

$$P = 0,35 \cdot 1,2 \cdot 7,74 + 0,57 \cdot 82,5 = 500 \text{ Н.}$$

$$L = \left(\frac{15322}{500} \right)^3 = 2,8 \cdot 10^4 \text{ млн.об.}$$

Знайдемо довговічність підшипників, год:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n}, \quad (3.16)$$

$$L_n = \frac{10^6 \cdot 2,8 \cdot 10^8}{60 \cdot 600} = 7,8 \cdot 10^4 \text{ годин.}$$

Обраний підшипник відповідає вимогам щодо довговічності та забезпечує надійну експлуатацію приводу в заданих умовах навантаження.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Функції органів державного управління охороною праці в Україні

Кабінет Міністрів України забезпечує:

- реалізацію державної політики в галузі охорони праці;
- подає на затвердження Верховній Раді України загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;
- спрямовує і координує діяльність міністерств, інших центральних органів виконавчої влади щодо створення безпечних і здорових умов праці та нагляду за охороною праці;
- встановлює єдину державну статистичну звітність із питань охорони праці.

Міністерство соціальної політики України:

- забезпечує державну експертизу умов праці;
- визначає порядок та здійснює контроль за якістю проведення атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативно-правовим актам з охорони праці;
- бере участь у розробленні нормативно-правових актів з охорони праці.

Для координації, удосконалення роботи з охорони праці і контролю за цією роботою в центральному апараті міністерств та інших центральних органах державної виконавчої влади створюються служби охорони праці.

Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України:

- здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні, реалізує державну політику в цій галузі;
- розробляє за участю міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, Фонду соціального страхування від нещасних випадків, об'єднань роботодавців і профспілок загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і контролює її виконання;
- координує роботу міністерств, інших центральних органів виконавчої

влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування підприємств, інших суб'єктів підприємницької діяльності в галузі безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

- опрацьовує і переглядає спільно з органами праці, статистики та охорони здоров'я систему показників обліку умов і безпеки праці;

- бере участь у міжнародному співробітництві з питань охорони праці, вивчає, узагальнює і поширює світовий досвід з цих питань, організовує виконання міжнародних договорів і угод з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

- одержує від міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, місцевої державної адміністрації та підприємств інформацію, необхідну для виконання покладених на нього завдань.

4.2. Заходи безпеки при роботі із пристосуванням для збирання жуків

Представлені нижче заходи безпеки можуть бути використані при проведенні інструктажу на робочому місці для всіх робітників, які приймають участь у вирощуванні картоплі. Основні заходи полягають в наступному:

- до управління агрегатом допускаються тільки механізатори, які пройшли спеціальну підготовку і мають документ на право управління машиною. Підсобними працівниками можуть працювати особи не молодші 18 років;

- перед початком роботи механізатори і робітники, задіяні в процесі збирання, проходять інструктаж з безпечних методів роботи, розписуються в журналі реєстрації інструктажів і отримують на руки пам'ятки з техніки безпеки;

- одяг у механізаторів і обслуговуючого персоналу не повинна мати довгих частин і кінців, які звисають. Дозволяється працювати тільки в

застібнутій і ретельно заправленому одязі і головному уборі. Працювати в фартухах забороняється;

- до роботи на збиральному агрегаті можна приступати тільки при його повній справності і відповідності вимогам експлуатації машинно-тракторного парку і “Правил техніки безпеки”;

- категорично забороняється працювати в стані навіть легкого алкогольного чи іншого сп’яніння;

- забороняється розташовуватись на відпочинок, в тому числі і короточасний, на ділянках, де працюють агрегати, а також біля них під час їх зупинки;

- при підготовці агрегату до роботи слід перевіряти наявність і справність запобіжних кожухів і огорожень карданної і ланцюгової передач. При відсутності або несправності їх робота не дозволяється;

- карданний вал повинен бути міцно з’єднаним з валом відбору потужності трактора і закритий захисним кожухом. Огородження не повинно обертатися разом з валом, а має бути зафіксованим з нерухомими частинами машини;

- трактор повинен мати дзеркало заднього виду, справне рульове керування, добре відрегульовані гальма, муфту зчеплення, коробку передач. Бак і паливопроводи не повинні мати течії палива;

- слід постійно слідкувати за станом гнучких шлангів гідросистеми, щільністю затягування з’єднувальних штуцерів маслопроводів. При несправності гідросистеми працювати на агрегаті не дозволяється;

- під час обслуговування і регулювань слід користуватися тільки справним інструментом і пристроями;

- під час роботи під агрегатом, у випадку необхідності його підняття домкратом, слід користуватися підставками, які забезпечують стійке і безпечне положення. Забороняється для підставок використовувати ящики, каміння, цеглу, деталі машин;

- при роботі лежачи під машиною на землю слід покласти дошки, листи

фанери, мати або користуватися дерев'яними лежаками з підголовником;

- під час приєднання пристосіблення до трактора забороняється робочим знаходитися між трактором і машиною і в безпосередній близькості від них.

- перед початком руху агрегату механізатор повинен впевнитися в відсутності людей в безпосередній близькості від агрегату і дати сигнал про початок руху;

- під час роботи забороняється знаходження в кабіні сторонніх людей;

- забороняється під час руху агрегату перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, надівати і натягувати ланцюги, усувати несправності, змащувати вузли і т.п.;

- в кінці гону тракторист повертає агрегат тільки тоді, коли робочі органи повністю вийшли з ґрунту;

- перед початком повороту на поворотній смузі і при короткочасній зупинці вал відбору потужності треба відключати;

- в місцях повороту агрегату не повинні знаходитися люди і різні транспортні засоби;

- під час грози робота на агрегаті зупиняється, а люди віддаляються від машин на відстань 30-50 м;

- після дощу переїжджати через канави, рухатися вздовж схилів, на поворотах і т. ін. слід тільки на першій передачі;

- забороняється стоянка і короткочасна зупинка поблизу крутих схилів і ярів. В випадку вимушеної зупинки слід заглушити двигун трактора і загальмувати його. Під колеса слід покласти упори;

- по закінченні роботи поставити агрегат на місце стоянки, оглянути, очистити від пилу і бруду, привести в порядок робоче місце. Зняти і привести в порядок спецодяг, помитися;

- перед транспортним переїздом шосейних доріг необхідно зупинитися і впевнитися в тому, що шлях безпечний і немає транспорту, який наближається;

- при зупинці агрегату ставити його тільки на узбіччі дороги і при умові

достатньої ширини дороги для проїзду, а в нічний час обладнати світловими знаками;

- під час руху заднім ходом, а також при розворотах і поворотах слід подавати сигнали і впевнитися в відсутності людей на шляху руху. Рухатися необхідно на малому газі, не знімаючи ноги з муфти зчеплення;

- під час переїзду через мости слід керуватися встановленими знаками вантажопідйомності і ширини між перилами;

- в тумані і під час дощу, коли видимість недостатня (менше 20 м), слід включати світло і періодично подавати звуковий сигнал;

- під час руху по слизькій дорозі слід дотримуватись особливої уваги. Не можна різко гальмувати і змінювати напрямок руху.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Одним із ключових чинників підвищення врожайності картоплі в період вегетації є ефективна боротьба зі шкідниками.

З метою вдосконалення процесу механізованого захисту картоплі від колорадського жука та його личинок у даній кваліфікаційній роботі проаналізовано та запропоновано пневматичні пристрої, принцип дії яких ґрунтується на використанні повітряного потоку з критичною швидкістю для збору шкідників.

У межах бакалаврської роботи виконано наступне:

- проведено аналіз інтегрованої системи захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів, що передбачає застосування комплексу сучасних екологічно безпечних та економічно доцільних заходів для зниження рівня шкідливих організмів в агроценозі;
- досліджено особливості сучасних методів знищення шкідників картоплі;
- здійснено огляд пристроїв для збирання колорадських жуків та методів захисту картоплі від шкідників і хвороб;
- обґрунтовано доцільність механізації процесу захисту рослин;
- запропоновано конструкцію пневматичного пристрою для збирання колорадських жуків;
- визначено основні експлуатаційно-технологічні параметри пристрою;
- розроблено конструкцію несучої рами пристрою та виконано розрахунок елементів навісної системи;
- здійснено розрахунок вала вентилятора пневматичного пристрою на міцність;
- розглянуто заходи безпеки під час експлуатації пристрою.

Запропонована конструкція пневматичного пристрою для механізованого збирання колорадського жука та його личинок дозволяє мінімізувати або повністю виключити використання хімічних засобів захисту, що сприяє зменшенню екологічного навантаження на агроecosистему.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995. 237 с.
2. Васман, М.Р., Вентиляційні та пневмотранспортні установки./ М.Р. Васман, І.Я. Грубаян, К.: Колос, 323 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.
4. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ, «Урожай», 1988. 354 с.
5. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
6. Довідник ланкового по вирощуванню картоплі /В.Д.Волков, В.С.Куценко, В.І.Дзюба та ін.; За ред. В.Д.Волкова. К. : Урожай, 1987. 248 с.
7. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімонт та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. К. : Урожай, 1993. 288 с.
8. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
9. Інтенсивна технологія вирощування картоплі /В.Д.Волков, Г.М.Колонтай, М.П.Мукосій, П.К.Сердюк. К. : Урожай, 1989. 40 с.
- 10.Картопля / під ред. В. А. Вітенка, В. С. Куценка, М. Ю. Власенка. К. : Урожай, 1990. 255 с.
- 11.Картопля: вирощування, якість, збереженість / [А. А. Бондарчук, В. А.

- Колтунов, О. П. Знаменський та ін.]. К. : КИТ, 2009. 232 с.
12. Колорадський жук - про сад, город, рослини і дерева [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://midland.su/2012/09/page/10/>.
13. Куценко В. С. Картопля. Хвороби та шкідники / під ред. В. В. Кононученка, М. Ю. Молоцького. К., 2003. Т. 2. Хвороби і шкідники. 240 с.
14. Лехман С.В. Довідник з охорони праці в сільському господарстві, К.: Техніка, 1990.
15. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. К.: Урожай, 1996. 384 с.
16. Методика випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель, М. П. Секун, О. О. Іващенко [та ін.] ; за ред. проф. С. О. Трибеля. К. : Світ, 2001. 448 с.
17. Настенко П.М., Романченко М.А. Індустріальна технологія виробництва картоплі. 3-є вид., доп і перероб. К.: Урожай, 1986. 144 с.
18. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
19. Операційна технологія виробництва картоплі / В.І.Дзюба, В.Г.Батюта, В.С.Куценко та ін.; За ред. В.І.Дзюби, В.Г.Батюти.: К.: Урожай, 1987. 200 с.
20. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi
21. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
22. Подберезко І. М. Новітні технології у живленні картоплі / І. М. Подберезко, М. П. Разкевич // Плантатор. – 2013. – № 1. – С. 83.
23. Сучасні пестициди для захисту картоплі / В. Г. Сергієнко, О. В. Шита, Р. П. Цуркан, С. Богданович // Агроном. 2013. № 2 (40). С. 174.

- 24.Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. Посібник. Київ: вид-во УСГА, 1992. 240 с.
- 25.Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
- 26.Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
- 27.Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.

ДОДАТКИ